



Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE UN SISTEMA OPTIMIZADO DE  
ABASTECIMIENTO PARA INCREMENTAR LA  
PRODUCTIVIDAD EN LA DIVISIÓN DE COSECHA EN LA  
EMPRESA CASA GRANDE S.A.A.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Guilio Abel Vilela Córdova

Asesor:

Ing. Mg. Oscar Goicochea Ramírez

Trujillo - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor **Oscar Goicochea Ramírez**, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Industrial, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- *Vilela Córdova, Guilio Abel*

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: *“Diseño de un sistema optimizado para incrementar la productividad en la división de cosecha en la empresa Casa Grande S.A.A.”* para aspirar al título profesional de: *Ingeniero Industrial* por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, AUTORIZA al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. Mg. Oscar Goicochea Ramírez  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiantes: *Vilela Córdova, Guilio Abel* para aspirar al título profesional con la tesis denominada: **“DISEÑO DE UN SISTEMA OPTIMIZADO DE ABASTECIMIENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA DIVISIÓN DE COSECHA EN LA EMPRESA CASA GRANDE S.A.A”**

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

☐ **Aprobación por unanimidad**

☐ **Aprobación por mayoría**

Calificativo:

☐ Excelente [20 - 18]

☐ Sobresaliente [17 - 15]

☐ Bueno [14 - 13]

Calificativo:

☐ Excelente [20 - 18]

☐ Sobresaliente [17 - 15]

☐ Bueno [14 - 13]

☐ Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Ing. Rafael Luis Alberto Castillo  
Cabrera  
Jurado  
Presidente

---

Ing. Enrique Martín Avendaño  
Delgado  
Jurado

---

Ing. Mario Alberto Alfaro  
Cabello  
Jurado

## DEDICATORIA

*A Dios por darnos vida y la oportunidad de lograr nuestras metas.*

*A mis padres, amigos y compañeros quienes brindaron sacrificio y apoyo incondicional  
para construir día a día nuestros sueños.*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, por permitirme finalizar satisfactoriamente este estudio de investigación.*

*A mis padres, por el apoyo incondicional de cada día y momento de mi vida.*

*Al Ing. Oscar Goicochea Ramírez por su tiempo brindado para ser asesorado y por el apoyo necesario para la elaboración de la presente tesis.*

*A los colaboradores, compañeros de trabajo de la División de Cosecha de la empresa Casa Grande S.A.A. quienes apoyaron con su experiencia y valiosa información para el desarrollo del presente trabajo de investigación.*

## Tabla de contenidos

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS .....</b>	<b>1</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
1.1. Realidad Problemática .....	13
1.1.2. Antecedentes .....	23
1.1.3. Base Teórica .....	26
1.2. Formulación del problema .....	31
1.3. Objetivos .....	31
1.3.1. Objetivo General .....	31
1.3.2. Objetivos Específicos .....	31
1.4. Hipótesis .....	31
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....</b>	<b>32</b>
2.1. Tipos de investigación .....	33
2.1.1. Según su propósito .....	33
2.1.2. Población .....	33
2.1.3. Muestra .....	33
2.1.4. Diseño de contrastación .....	33
2.2 Operacionalización de las variables .....	33
2.3 Procedimientos .....	33
2.3.1. Generalidades de la empresa .....	34
2.3.2. Organigrama división cosecha .....	38
2.3.3. Cadena de valor .....	39
2.3.4. Macro-proceso de la división .....	40
2.3.5. Diagrama de flujo del micro-proceso de cosecha quemada .....	42
2.3.6. Diagrama de flujo del micro-proceso de cosecha en verde .....	43
2.3.7. Procedimiento del sistema de abastecimiento actual de cosecha .....	46
2.3.8. Diagrama de flujo del sistema actual de abastecimiento de MP .....	50
2.3.9. Identificación de indicadores: Diagrama de Ishikawa .....	54

2.3.10. Matriz de indicadores .....	57
2.3.11. Solución de la propuesta.....	58
2.3.12. Herramienta de mejora.....	63
2.3.13. Sistema optimizado de abastecimiento.....	70
2.3.14. Inversión de la propuesta .....	76
2.3.15. Evaluación económica .....	78
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS .....</b>	<b>82</b>
3.1. Resultados de indicadores.....	83
3.1.1. Tiempo del ciclo de abastecimiento de MP.....	83
3.1.2. Tiempo en giros.....	84
3.1.3. Número de viajes a zona de trasiego.....	85
3.1.4. Productividad de cosechadora de caña .....	86
3.1.5. Cuota de cosecha mecanizada.....	87
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
4.1. Discusión.....	89
4.1.1. Discusión por causa raíz .....	89
4.1.2. Costos por causa raíz .....	94
4.1.3. Beneficio de la propuesta.....	97
4.2. Conclusiones.....	99
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Costos de la flotilla del sistema mecanizado
Tabla 2. Cumplimiento anual de cosecha mecanizada - 2017
Tabla 3. Causa raíz según su nivel de influencia
Tabla 4. Matriz resumen de indicadores de las causas raíces y metas propuestas
Tabla 5. Detalle de pérdida por reproceso de cosecha
Tabla 6. Detalle de pérdida por dejar de cosecha 1 tn de caña bruta
Tabla 7. Detalle anual de pérdida de cosecha del sistema actual - 2017
Tabla 8. Total de pérdidas antes de la propuesta de mejora
Tabla 9. Detalle escenarios de recorridos del sistema actual
Tabla 10. Resumen del ciclo de abastecimiento actual - Quemado
Tabla 11. Resumen del ciclo de abastecimiento actual - Verde
Tabla 12. Detalle escenarios de recorridos del sistema optimizado
Tabla 13. Resumen del ciclo de abastecimiento optimizado - Quemado
Tabla 14. Resumen del ciclo de abastecimiento optimizado - Verde
Tabla 15. Contrato de nuevo personal de cosecha mecanizada
Tabla 16. Capacitación para el sistema optimizado de abastecimiento
Tabla 17. Compra de nueva flotilla mecanizada
Tabla 18. Depreciación de equipos de cosecha mecanizada
Tabla 19. Cuadro resumen de la inversión.
Tabla 20. Inversión y costo de oportunidad
Tabla 21. Comparativo del ciclo de abastecimiento de la MP
Tabla 22. Comparativo del tiempo en movimientos y giros
Tabla 23. Comparativo del número de viajes a trasiego
Tabla 24. Productividad mejorada de cosechadora de caña
Tabla 25. Comparativo en cuota de cosecha mecanizada
Tabla 26. Costos antes y después de la propuesta de mejora.



## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura N°1. Participación de producción por países de América del Sur
- Figura N°2. Participación de mercado por azucarera
- Figura N°3. Evolución de precios promedio del azúcar (mercado local)
- Figura N°4. Capacidad de molienda por ingenio azucarero
- Figura N°5. Producción de azúcar y alcohol por tipo
- Figura N°6. Programa semanal de cosecha de caña de azúcar mecanizado y manual
- Figura N°7. Cosechadora de caña con transbordo simple
- Figura N°8. Organigrama de servicios agrícolas
- Figura N°9. Presentación de azúcar rubia Casa Grande x 50 kg
- Figura N°10. Presentación de azúcar refinada Casa Grande x 50 kg
- Figura N°11. Destilería de alcohol de Casa Grande S.A.A.
- Figura N°12. Organigrama de división cosecha
- Figura N°13. Cadena de valor del producto (azúcar)
- Figura N°14. Macro-proceso de la división cosecha
- Figura N°15. Micro- proceso de cosecha en quemado de la MP
- Figura N°16. Resumen micro proceso de cosecha de caña de azúcar
- Figura N°17. Micro- proceso de cosecha en verde de la MP
- Figura N°18. Resumen micro proceso de cosecha de caña de azúcar verde
- Figura N°19. Plano de campo en cosecha
- Figura N°20. Circuito de bloque en cosecha
- Figura N°21. Método de corte del surco de caña
- Figura N°22. Pasos del método de corte “face to face”
- Figura N°23. Diagrama de flujo en el abastecimiento de caña quemada con transbordo simple
- Figura N°24. Resumen tiempos actuales de abastecimiento en quemado
- Figura N°25. Diagrama de flujo en el abastecimiento de caña verde con transbordo simple
- Figura N°26. Resumen tiempos actuales de abastecimiento en verde
- Figura N°27. Diagnóstico en el abastecimiento actual de cosecha mecanizada
- Figura N°28. Gráfica de Pareto 80-20 por causa raíz
- Figura N°29. Conjunto de transbordo simple
- Figura N°30. Recorridos de cosecha en el sistema de abastecimiento actual

Figura N°31. Leyenda de recorridos en el sistema de abastecimiento actual

Figura N°32. Conjunto de transbordo simple en trasiego

Figura N°33. Recorridos de cosecha en el sistema de abastecimiento optimizado

Figura N°34. Leyenda de recorridos en el sistema de abastecimiento optimizado

Figura N°35. Reducción del tiempo del ciclo de abastecimiento

Figura N°36. Reducción del número de viajes a trasiego

Figura N°37. Reducción del tiempo en movimientos y giros.

Figura N°38: Aumento de la productividad de la cosechadora de caña

Figura N°39: Aumento en la cuota de la cosecha mecanizada de caña.

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general incrementar la productividad del sistema actual de cosecha de la caña de azúcar en la División de cosecha de la empresa Casa Grande S.A.A. mediante la propuesta de un diseño optimizado de abastecimiento de la cosecha.

Para iniciar con la propuesta, se realizó un diagnóstico del sistema actual de abastecimiento en las que se identificaron y priorizaron las causas raíces mediante la aplicación del diagrama de Pareto determinando el impacto económico que generan en la problemática. Este impacto económico, finalmente es expresado en pérdidas monetarias del sistema actual de la División de cosecha.

El presente trabajo también detalla el actual método de cosecha de la maquinaria, es decir la fluidez de la cosecha, “Face to face”, pudiéndose modificar este por el movimiento en, “Melga”, o movimiento en, “O”, que incluye la mejora del ciclo total de abastecimiento de la materia prima y en la que se identifican los actuales indicadores medibles y discutibles.

Esto gracias a la implementación del uso de doble transbordo, la que será medida, comparada y discutida mediante la aplicación del *análisis de estudio de tiempos y movimientos*.

Finalmente, con la información recolectada, analizada y actualizada, se presentará un análisis de resultados y discusión con datos cuantitativos las evidencias presentadas, así como el incremento de la productividad en el sistema de cosecha de la división.

En referencia a los indicadores económicos, la propuesta tiene un VAN de S/. 2.733.338,96; un TIR del 99.66% y un B/C del 1.42, es decir un ahorro de 0.42 céntimos por tonelada de caña cosechada.

## ABSTRACT

The main objective of this work was to increase the productivity of the current sugarcane harvesting system in the Harvest Division of Casa Grande S.A.A. through the proposal of an optimized design of harvest supply.

To start with the proposal, a diagnosis of the current supply system was made in which the root causes were identified and prioritized by applying the Pareto diagram determining the economic impact they generate on the problem. This economic impact is finally expressed in monetary losses of the current system of the Harvest Division.

The present work also details the current method of harvesting the machinery, ie the flow of the crop, "Face to face", being able to modify this by the movement in, "Melga", or movement in, "O", which includes the improvement of the total supply cycle of the raw material and in which the current measurable and debatable indicators are identified.

This is thanks to the implementation of the use of double transshipment, which will be measured, compared and discussed through the application of time and movement study analysis.

Finally, with the information collected, analyzed and updated, an analysis of results and discussion with quantitative data will present the evidences presented, as well as the increase of productivity in the harvest system of the division.

In reference to the economic indicators, the proposal has a NPV of S / . 2.733.338,96; an IRR of 99.66% and a B/C of 1.42, that is, a saving of 0.42 cents per ton of cane harvested.

# **CAPÍTULO I.**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1.1. Realidad problemática

“El cultivo de la caña de azúcar es una actividad agrícola de gran importancia socioeconómica en el mundo. La trascendencia de este cultivo puede ser atribuida a sus múltiples usos, principalmente como materia prima de la azúcar y alcohol. Actualmente, la agricultura basada en la caña de azúcar juega un rol importante en el crecimiento económico en más de 100 países en vías de desarrollo, proporcionando ingresos y empleo”. Valle (2015).

De acuerdo a datos de FAOSTAT (2015), “La producción mundial de caña de azúcar en el año 2013 fue de 1, 877, 105,112 toneladas de una superficie de 26, 522,734 hectáreas cosechadas. De esa producción el 83.43%, se localiza en América del Sur”. Valle (2015).

“En América del Sur la producción total en el año 2013 fue de 839, 270,836 toneladas. La mayor producción se concentra en Brasil con 88,08%, seguido de Colombia (4,16%), Argentina (2,82%), Perú (1,31%), Bolivia (0,96%), Ecuador (0,85%) y el 1,81% corresponde al resto de los países productores de caña de azúcar”. Valle (2015).

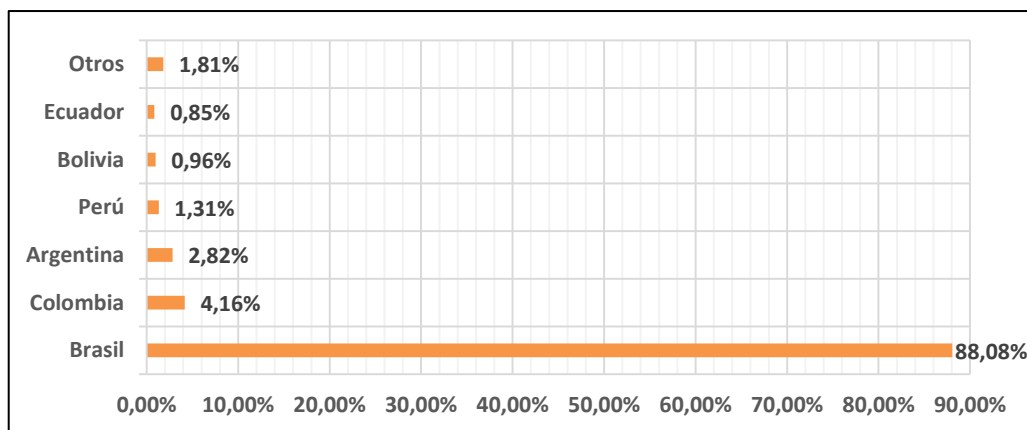


Figura N°1: Participación de producción por países de América del Sur. Fuente: FAOSTAT (2015).

“En el Perú la compañía COAZÚCAR constituye la rama agroindustrial del Grupo Gloria con más de 60 mil hectáreas cultivadas netas de caña de azúcar, siendo líder en la producción de azúcar en el país. Coazúcar controla las empresas de Casa Grande, Cartavio, Agrícola Sintuco, Agrolmos y San Jacinto”. Tejada (2018)

De acuerdo a la data proporcionada por la compañía, “La cuota de mercado de COAZÚCAR en el mercado peruano alcanza 54.90%. En esa línea, se puede observar la participación de Casa Grande es la más relevante, contando con una participación de 17.63%”. Tejada (2018).

*Actualmente, Casa Grande S.A.A. es la mayor procesadora agroindustrial de azúcar y sus derivados de la región norte y del país , seguido de Cartavio S.A.A con un 12.02% de participación en la demanda nacional del consumo de azúcar.*

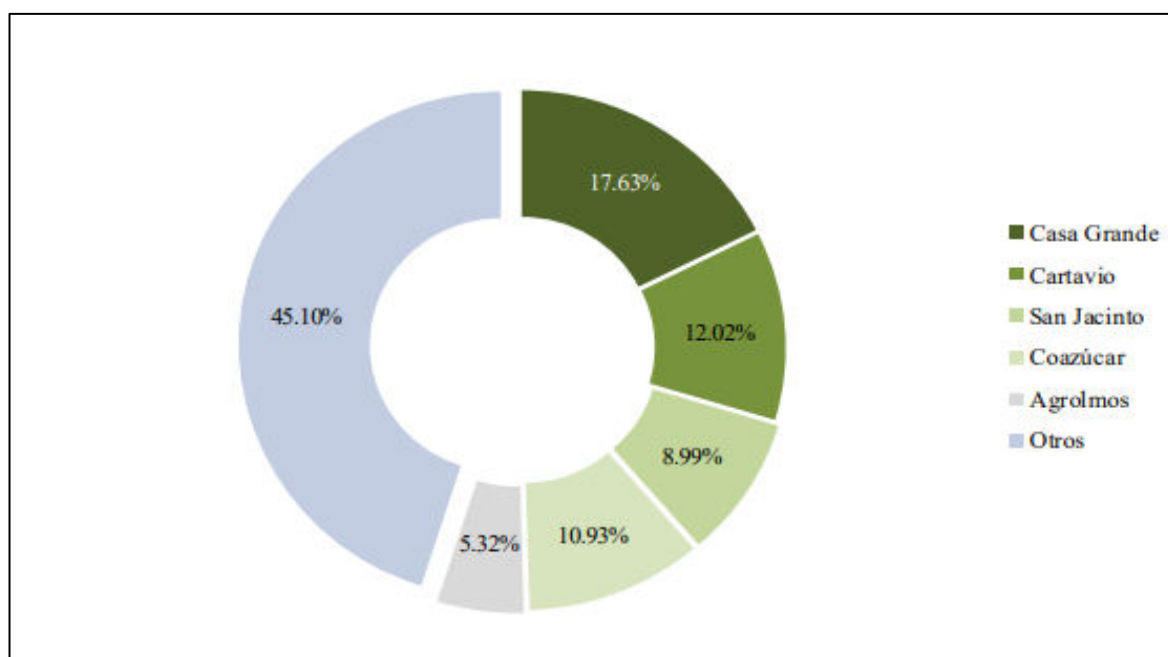


Figura N°2: Participación de mercado por azucarera. Fuente: Equilibrium Clasificadora de Riesgos S.A.A.

Según el INEI, para el segundo semestre del 2017, los precios locales del azúcar blanca y rubia al por mayor presentaron una tendencia decreciente. De este modo, el precio de azúcar blanca retrocede de S/2.75 soles por kilo en diciembre de 2016 a S/2.48 por kilo, mientras que el precio de la azúcar rubia disminuye de S/2.50 a S/2.09 por kilo.

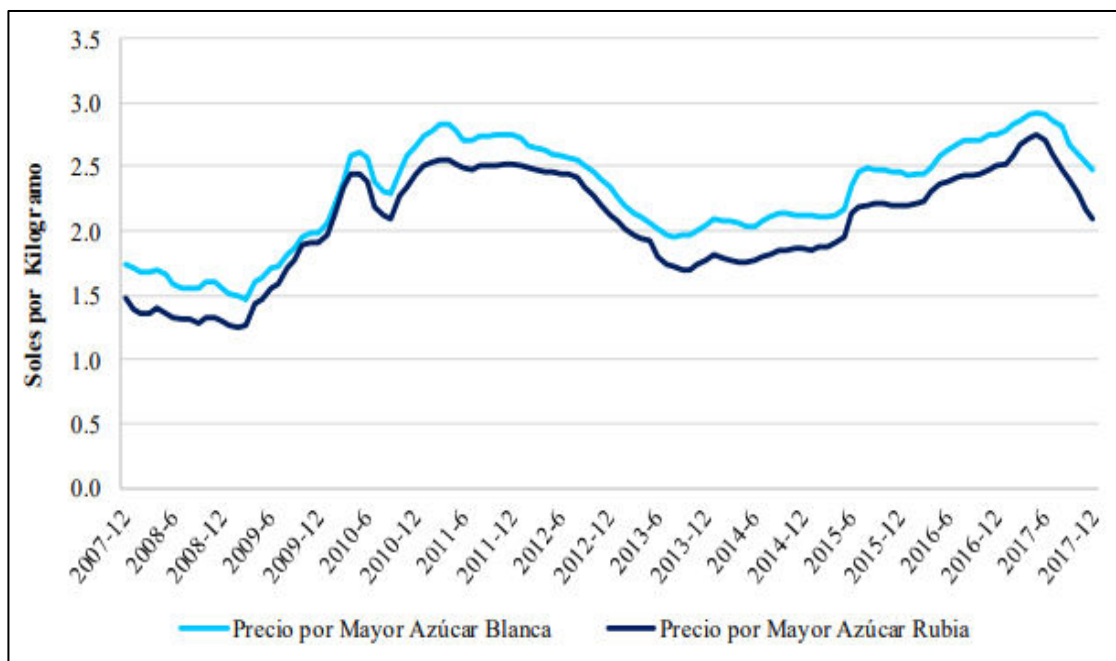


Figura N°3: Evolución de precios promedio del azúcar (mercado local). Fuente: INEI

A principios del 2017 los eventos climatológicos impactaron el activo biológico mermando el porcentaje azúcar promedio por tonelada de caña, pasando dicha razón entre ejercicios de 10.52% a 9.70%. Adicionalmente, las hectáreas cosechadas disminuyeron en 5,256 entre el 2016 y 2017, reduciendo así la producción de azúcar.

Se detalla a continuación la capacidad aproximada de molienda de los ingenios, así como la producción de azúcar y alcohol de los últimos dos años.



Ingenio	Capacidad de molienda	% Utilización
Casa Grande	11,000 TM/día	56.61%
Cartavio	7,000 TM/día	63.79%
San Jacinto	4,200 TM/día	76.19%
Agrolmos	5,400 TM/día	52.90%
La Troncal	11,000 TM/día	86.62%
San Isidro	4,700 TM/día	74.45%

Figura N°4: Capacidad de molienda por ingenio. Fuente: Coazúcar

Producción	Dic.16	Dic.17
Azúcar blanca (TM)	234,942	205,505
Azúcar refinada (TM)	91,288	129,321
Azúcar rubia (TM)	459,984	420,788
Azúcar orgánica (TM)	27,417	41,477
Alcohol (miles de L)	56,439	59,311

Figura N°5: Producción de azúcar y alcohol, Fuente: Equilibrium Clasificadora de Riesgos S.A.A.

“Casa Grande S.A.A. es la empresa azucarera más grande del Perú, se ubica en el departamento de la Libertad y cuenta con 28,218 hectáreas brutas destinadas al cultivo de caña de azúcar produciendo 190,006 toneladas de azúcar y 14.2 millones de litros de alcohol al cierre del 2017.” Regis (2018).

*Actualmente la empresa Casa Grande S.A.A tiene aproximadamente 24,500 hectáreas de caña de azúcar en sus campos con una capacidad de molienda entre los 8,000 a 10,000 toneladas día y el área de división cosecha es la encargada de abastecer la materia prima al ingenio azucarero.*

**División Cosecha** tiene como objetivo planificar, cosechar y abastecer de caña de azúcar con rendimientos actuales entre los 100 a 120 toneladas por hectáreas, al ingenio azucarero con un ratio de molienda entre los 250 a 420 toneladas por hora, según cuota diaria del Área de producción de fábrica, mediante sus sistemas de cosecha, los que se describen a continuación.

MOLIENDA PROGRAMADA CASA GRANDE DEL 12 AL 19 DE SETIEMBRE DEL 2018										12/09/2018	13/09/2018	14/09/2018	15/09/2018	16/09/2018	17/09/2018	18/09/2018	19/09/2018
CAMPO	TIPO DE CORTE	CONF.	PAMA	FRENTE	KM	AREA	TN/HA	TN. TOTALES		MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES
LA PENCA A	MECANICO QUEMADO	TETRA	NO	1	21	80,54	110	8.859		3.100	2.900	1.100	1.000	900			
MOCOLLOPE	MECANICO VERDE	TETRA	NO	1	6	70,49	110	7.754		300		700	2.500	2.500	1.770		
HUABOS	MECANICO VERDE	TETRA	PARTE	1	19	151,56	107	16.217								3.300	3.300
BAZAN 2	MECANICO VERDE	TETRA	SI	1	3	0,18	105	19		30							
PUERTA DE GOLPE A	MECANICO VERDE	TETRA	PARTE	2	22	90,00	100	9.000		1.000	900	800	800	800	1.000	1.000	1.000
BAZAN 3	MANUAL	TETRA	NO	3	4	10,15	105	1.066		1.100							
BAZAN 2	MANUAL	TETRA	SI	3	3	29,16	105	3.062		1.970	1.100						
BOLOGNESI A	MANUAL	TETRA	NO	3	8	140,91	110	15.500			2.220	4.900	3.000	2.000	1.000		2.300
CAPILLA	MANUAL	TETRA	NO	3	8	133,09	110	14.640						1.000	2.500		1.200
SAN MARTIN B-2	MANUAL	TETRA	NO	3	6	12,85	105	1.349									
BOLIVAR	MANUAL	TETRA	NO	3	8	79,38	120	9.526									
MOCOLLOPE	MANUAL	TETRA	NO	3	6	4,15	121	502									
CAPILLA	MANUAL	TRIPLE	NO	5	8	3,07	119	365			530						
SEMBRADORES										2.000	1.850	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
MEJOR ESTIMADO DE MOLIENDA										9.500	9.500	9.500	9.300	9.200	8.270	6.300	9.800
CAÑA PROGRAMADA POR FABRICA										9.500	9.500	9.500	9.500	9.500	8.000	6.500	9.500

Figura N°6: Programa semanal de cosecha de caña de azúcar (mecanizado y manual). Fuente: División cosecha

### Sistema de cosecha mecanizado

Este sistema de cosecha tiene una participación entre 45 a 50%, se realiza mediante el **proceso de autovolteo simple en campo**. En este sistema actual, la cosechadora trabaja con 2 conjuntos de transbordos simples y realiza maniobra o giros llamados “Face to Face” para la continuidad de su proceso.

La caña de azúcar previamente quemada es cortada, picada y abastecida al conjunto de transbordo simple (tractor con una canasta de autovolteo) con una capacidad en lleno entre 9 a 10 toneladas por la cosechadora de caña.

El proceso continúa con el abastecimiento total a la configuración tetra (canastas cañeras) con capacidad de carguío 35 a 40 toneladas, finalizando el abastecimiento de la materia prima en la zona de acopio del ingenio azucarero

Actualmente División Cosecha cuenta con la siguiente maquinaria mecanizada para su cosecha:

- 11 Cosechadoras John Deere Modelo CH570 con una disponibilidad del 65%, es decir de 6 a 7 operativas en campo.
- 18 tractores de ruedas Massey Ferguson Modelo 7140 con una disponibilidad del 78%, es decir de 12 a 14 operativos en campo.
- 16 canastas Metagro, 02 marca Imecol y 04 marca Fameca, teniendo un total de 22 canastas de autovolteos simples con una disponibilidad del 85%, es decir de 14 a 15 operativas en campo.



*Figura N°7: Cosechadora de caña con transbordo simple, Fuente: División Cosecha*

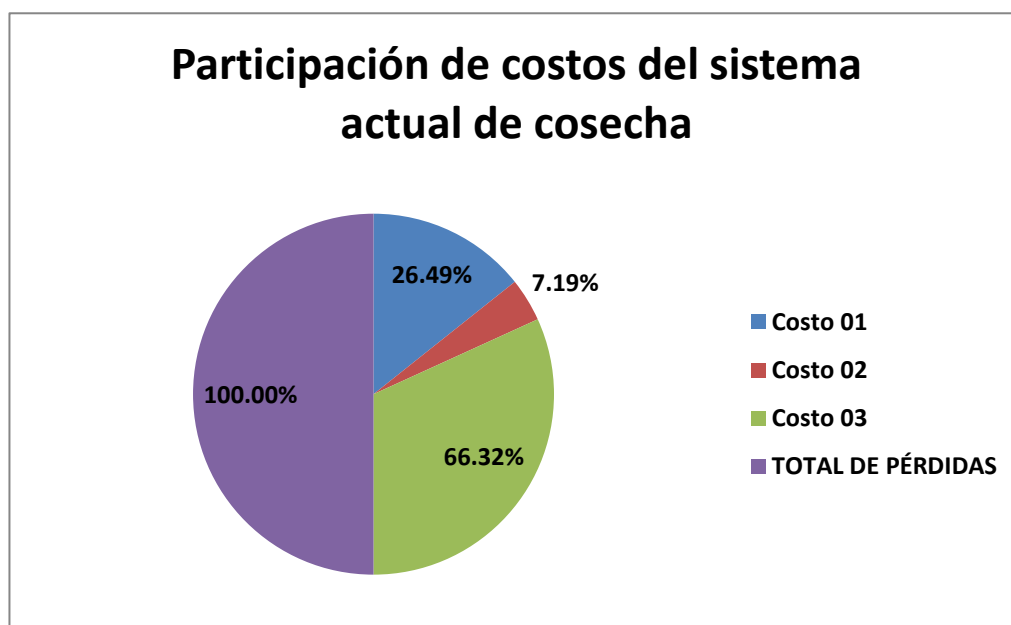
El abastecimiento de caña como materia prima en este sistema mecanizado tiene una participación del total programado para cosecha de caña en quemado del 72% y para caña verde del 28%.

En el sistema actual de abastecimiento de caña mecanizada se genera costo por reproceso de cosecha de la materia prima, es decir la caña que se puede recuperar en el día según el programa de cosecha que se establezca tanto para quemado como para verde, este sobre costo tiene un valor monetario anual de S/. 234.576,00.

Dejar de cosechar 1 tonelada de caña bruta afecta actualmente a la productividad de la cosechadora de caña así como al sistema mecanizado en sí, y también genera un costo perdido por S/. 63.667,37

Por último en este sistema se tiene los costos por pérdidas de cosecha, es decir la caña la cual ya no puede ser recuperada durante el período de cosecha, los valores en pérdidas de cosecha para quemado son de 1.60% y para verde de 2.32% respectivamente, esto está valorizado en un monto de S/. 587.202,38.

Estos 03 costos observados en el sistema actual de cosecha totalizan un valor perdido monetario anual de **S/. 837.990,21**.



*Nota: La presente gráfica muestra la participación de los costos del total. El detalle monetario puede ser visualizado en el diagnóstico de pérdidas.*

En este sistema de cosecha mecanizada también se observó los siguientes costos y rendimientos por hora trabajada.

**Tabla 1.**

***Costos de la flotilla del sistema mecanizado***

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Tractor agrícola MF7140	128.67 S/hr
Canasta de Autovolteo METAGRO	26.41 S/hr
Cosechadora de caña CH570	583.48 S/hr
TCB x 6 cosechadoras – quemado	25.65 S/tn
TCB x 3 cosechadoras - verde	18.99 S/tn

*Fuente: Planificación/División cosecha*

- × Las productividades promedio en el año de las cosechadoras de caña John Deere CH570 es de 51.30 Tn/hr, 21.09% por debajo de la meta de 65.00 Tn/hr en quemado.
- × Las productividades promedio en el año de las cosechadoras de caña John Deere CH570 es de 30.00 Tn/hr, 39.92% por debajo de la meta de 50 Tn/hr en verde.
- × El tiempo promedio de todo el ciclo de abastecimiento actual es de aproximadamente 71 minutos en quemado; mientras que para verde es de 88 minutos, respectivamente.
- × El tiempo promedio en giros del método Face to Face es de 1.15 minutos y para verde de 1.24 minutos, respectivamente.
- × El cumplimiento promedio actual en la cuota de cosecha por el sistema mecanizado actual es del 80%.

**Tabla 2.**

***Cumplimiento anual de cosecha mecanizada - 2017***

<b>Mes</b>	<b>Programado(tn)</b>	<b>Cosechado (tn)</b>	<b>%incumplimiento</b>
<b>Enero</b>	95.000	83.066	87%
<b>Febrero</b>	91.200	61.073	67%
<b>Marzo</b>	34.200	6.137	18%
<b>Abril</b>	76.000	47.974	63%
<b>Mayo</b>	-	-	-
<b>Junio</b>	-	-	-
<b>Julio</b>	106.400	74.486	70%
<b>Agosto</b>	106.400	102.261	96%
<b>Septiembre</b>	106.400	89.820	84%
<b>Octubre</b>	106.400	87.582	82%
<b>Noviembre</b>	106.400	100.020	94%
<b>Diciembre</b>	106.400	96.564	91%
<b>Total</b>	<b>934.800</b>	<b>748.983</b>	<b>80%</b>

*Fuente: División Cosecha*

La herramienta de ingeniería que se aplicará para la propuesta de mejora es la de análisis de tiempos que permitirá comparar el sistema actual de cosecha (el uso sólo del conjunto de transbordo simple) con el sistema de cosecha propuesto (uso del conjunto de transbordo simple y doble).

Con este nuevo sistema de cosecha se podrá reflejar lo siguiente:

- ✓ El costo de cosechar una TCB (tonelada de caña bruta) puede ser menor.
- ✓ El conjunto de transbordo doble aumentará la productividad de la cosechadora tanto en quemado como en verde.
- ✓ El tiempo promedio del ciclo de abastecimiento se realizará en menor tiempo.
- ✓ El método Face to Face podrá ser reemplazado por un nuevo método en giros de la cosechadora (giro en melga o en “O”), lo que permitirá reducir el tiempo del mismo para la continuidad de la cosecha.
- ✓ La propuesta de un nuevo sistema de cosecha mecanizada permitirá utilizar menor maquinaria, menor mano de obra y reducir los costos por pérdidas de cosecha en el uso del transbordo simple.

Es por eso que, como alternativa de propuesta se plantea un **“Diseño de un sistema optimizado de abastecimiento para incrementar la productividad en la división de cosecha en la empresa Casa Grande S.A.A.”**.

### 1.1.2. Antecedentes

Saldaña (2017), en su tesis titulada *“Rediseño de procesos para incrementar la productividad en el área de etiquetado de una empresa agroindustrial”*, concluye que el rediseño en el sistema de trabajo disminuye la cantidad de containers para reetiquetado de 7 a 1,5 promedio al mes y refleja un incremento de la productividad del 5.9%.

Saldaña (2017), menciona también en su tesis propuesta que la mejora en los sistemas de trabajo permitirán un mejor aprovechamiento del potencial de trabajo y no sólo en la reducción de costos, y asegura que la productividad puede mejorar a partir de un aumento en la producción o la disminución de los recursos utilizados.

Checa (2014), en su tesis titulada *“Propuesta de mejora en el proceso productivo de la línea de confección de polos para incrementar la productividad de la empresa confecciones sol”*, afirma que aplicando la herramienta de estudios de tiempos y movimientos o métodos de trabajo logra identificar los movimientos y tiempos innecesarios durante las operaciones. Finalmente, concluye que las modificaciones en el proceso productivo aumentan considerablemente la productividad en 58.04%.

Checa (2014), en su tesis previamente mencionada utiliza el Diagrama de Pareto para representar y priorizar el 80% de sus causas raíces que afectan directamente la improductividad en sus procesos de trabajo.

Posada (2014), en su tesis titulada *“Estudio de métodos y tiempos para mejorar la productividad en el sistema de cosecha de un ingenio azucarero”*, concluye que el tiempo del proceso de cargue de la caña de azúcar con autovolteo afecta directamente a las cosechadoras, obteniendo un tiempo promedio en el ciclo de 55 minutos aproximadamente.



Posada (2014), también recomienda que, en el corte de los surcos de caña de azúcar con mayor longitud, realizar el cargue de dos auto volteos al tractor (doble transbordo) puede eliminar tiempos de recorridos innecesarios.

Como se mencionó anteriormente, el tiempo promedio de ciclo de todo el proceso de autovolteo actual en el sistema de cosecha mecanizada del área es de aproximadamente 70 minutos. Y tal y como se recomienda en el antecedente, esta propuesta está enfocada a aumentar la productividad de las cosechadoras de caña mediante la implementación del doble transbordo.

Cabe recalcar que la longitud de los surcos es en promedio 120 metros lineales en su mayoría y sólo en algunos campos se tiene 240 metros lineales. Independientemente de la longitud de los surcos, el uso de doble transbordo es aplicable, ya que puede reducir al menos un tiempo de recorrido y reducir movimientos y aumentar la productividad utilizando menores recursos.

García (2016), en su tesis titulada “Aplicación de mejora de métodos de trabajo en la eficiencia de las operaciones en el área de recepción de una empresa esparraguera” se plantea la hipótesis de que la implementación de mejora de métodos de trabajo en la empresa permitirá mejorar la eficiencia de sus operaciones.

García (2016), en su tesis previamente titulada concluye y discute que al disminuir el tiempo la producción aumenta con la mejora propuesta y al aumentar la producción se aumentarán los ingresos.

Está claro que el autor plantea que mediante los nuevos métodos de trabajo o la implementación de estos la cantidad de las actividades se reducirán e incrementarán la productividad en producción, equipos, ahorro en costos y aumento en ingresos.

Lemus (2012), en su tesis titulada “Experiencias en la optimización de la cosecha mecanizada de azúcar (*saccharum officinarum* L.) en el ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, Centroamérica” menciona que existe un factor que es determinante para cumplir con las metas propuestas; y está compuesto por la producción de toneladas por hectárea a cosechar mecánicamente, alterando el costo por tonelada y a la vez condiciona la eficiencia de las mismas.

Actualmente en los campos de Casa Grande S.A.A. existe la variabilidad de los rendimientos de tonelada por hectárea en la caña de azúcar, llegando a rendimientos de máximos de 80, este dato es uno de los factores directos que perjudican la eficiencia por hora de la máquina cosechadora de caña.

Otro de los factores en campo que afectan el rendimiento es el excesivo movimiento en giros en campos con cuarteles accidentados, es decir de forma no rectangular; realizando un llenado del transbordo simple en aproximadamente más del 50% del tiempo normal.

Lemus (2012), también menciona que hay que tener en cuenta para asegurar el éxito de la cosecha mecanizada lo siguiente: el diseño de los bloques de caña debe ser cuadrados o rectangulares, condiciones no irregulares y variedades de caña con buen rendimiento por hectárea.

Es por eso que, la aplicación de una de las herramienta para la presente propuesta es la de análisis de tiempo: estudio de tiempos y movimientos, y optimización de rutas: escenarios de recorridos en base a la experiencia, en trochas rectangulares de caña de azúcar quemada y verde en campos con rendimientos entre los 95 a 110 TCH (toneladas/hectárea).

### **1.1.3 Base Teórica**

#### **Estudio de tiempos y movimientos**

Palacios (2016) define “El estudio de tiempos es el complemento necesario del estudio de métodos y movimientos consiste en determinar el tiempo que requiere un operario normal, calificado y entrenado, con herramientas apropiadas, trabajando a marcha normal y bajo condiciones ambientales normales.”

Palacios (2016) también menciona que el estudio de tiempos y movimientos “Tiene como objetivo medir el rendimiento de las máquinas y los operarios, determinar la carga apropiada para las máquinas y las personas y establecer el ciclo de producción”

En conclusión, el estudio de tiempos y movimientos es una herramienta que permite establecer un ciclo estándar de trabajo en condiciones normales durante las operaciones, es aplicable para operarios y maquinaria; teniendo en cuenta movimientos, demoras o giros innecesarios, tal cual es el caso.

#### **Pronóstico estacional**

Contreras (2016) define “Los pronósticos como una herramienta que proporciona un estimado cuantitativo de la probabilidad de eventos futuros” también menciona que “los métodos de pronósticos se pueden clasificar en 3 grupos: cualitativos, proyección histórica, y causales”.

Contreras (2016) también menciona que “Los métodos de proyección histórica se utilizan cuando existen datos históricos disponibles”, y también son “modelos de serie de tiempo predicen valores futuros para la variable de interés, basándose exclusivamente en el patrón histórico de esa variable, suponiendo que ese patrón histórico continuará”

En conclusión, los pronósticos estacionales son los que permiten obtener un modelo estacional cuando existen variaciones o fluctuaciones en una serie del tiempo obteniéndolo a partir de un índice estacional mediante datos previamente históricos.

## **Productividad**

Escalona (2016) define “Productividad es la relación cuantitativa entre lo que producimos y los recursos que utilizamos. Una forma de mejorar la productividad consiste en realizar un cambio en los métodos, los procedimientos o los equipos, con los cuales se llevan a cabo los resultados”.

Villagarcía (2015) define “La productividad es una medida de eficiencia, entendiéndose como eficiencia a la cantidad de recursos consumidos (hh, tiempo, horas-máquina, \$/, etc)” para obtener algún resultado”.

Concluyendo de ambas definiciones, la productividad es un indicador que permite ver que tan eficiente es nuestras operaciones en nuestros sistemas de trabajo, es decir un aumento en la productividad puede reflejarse por producir más con los mismos o menores recursos utilizados, por ejemplo: toneladas producidas/las horas efectivas de trabajo.

## **Cadena de valor**

Vásquez (2015) denomina a la cadena de valor como “Un conjunto de actividades principales de una empresa, que se unen a través de eslabones, a medida que le producto pasa por cada una de estas actividades va añadiendo su valor”.

## **Sistema de cosecha**

Rodríguez (2014) define “La cosecha de caña de azúcar es realizada por diferentes métodos o sistemas, el uso de uno o varios sistemas de cosecha depende de una serie de factores como la topografía y condiciones del terreno, características climatológicas, entre otros”.

Los sistemas de cosecha son los métodos de trabajo en las que la mano de obra, las herramientas y la tecnología de la maquinaria realizan de manera eficientemente en campo la cosecha de frutos fructíferos u hortalizas los cuales son transportados a los ingenios como producto final o producto derivado.

Ortiz (2012), menciona que existen dos tipos de cosecha para la caña de azúcar, la cosecha semi-mecanizada (manual) y la cosecha mecanizada quemada y verde.

### **Sistema de cosecha mecanizada**

*Se denomina sistema de cosecha mecanizada a la caña de azúcar que previamente fue quemada y es cosechada por maquinaria que corta, pica, limpia y abastece de caña picada a los vagones cañeros. También es aplicable para la cosecha en verde.*

### **Cuartel de caña**

*Se denomina “cuartel de caña” al perímetro o área en la que se iniciará el proceso de cosecha de caña semi-mecanizado o mecanizado. Tienen aproximadamente en promedio 120 metros de longitud y en su mayoría se tiene 55 surcos por hectárea. Para ser cosechado, se divide en trochas de caña.*

### **Trocha de caña**

*Se le denomina trocha de caña a la cantidad de hectáreas que se le otorga para a cada máquina en campo por cosechar mecánicamente surco por surco, según necesidad. Equivale entre los 0.70 a 1.00 ha aproximadamente.*

### **Surco de caña**

*Se le denomina surco al brote de caña por cada cepa en cada línea de surco. Sus dimensiones son de 1.5 m de ancho por 120 m de largo.*

### **Conjunto de transbordo simple**

*El conjunto de transbordo simple es aquel implemento conformado por un tractor de ruedas agrícola enganchado a una canasta de autovolteo simple con una capacidad en lleno de 9 a 10 toneladas de caña quemada, picada y cortada.*

### **Método Face to face**

*Se le denomina método face to face al método actual de cosecha, es decir los giros y movimientos que realiza la cosechadora de caña con el conjunto de transbordo simple durante la continuidad en la actividad de llenado.*

### **Proceso de autovolteo**

*Se le llama proceso de autovolteo al abastecimiento de caña del conjunto de transbordo simple a las canastas cañeras con una capacidad en lleno de 35 a 40 toneladas de caña. Este proceso se realiza en la zona de trasiego.*

### **Configuración tetra**

*La configuración tetra está conformada por 04 unidades de canastas cañeras de capacidad en lleno de 35 a 40 toneladas de caña por corte mecanizado. Son transportadas por tractos camiones y ubicadas en vacío en la zona de trasiego.*

### ***Zona de trasiego***

*La zona de trasiego es el espacio donde se ubica la configuración tetra en vacío para ser abastecida de caña por el conjunto de transbordo mediante el proceso de autovolteo. Esta configuración es ubicada a no menos de 300 metros del cuartel(es) en cosecha.*

### ***Conjunto de transbordo doble***

*El conjunto de transbordo doble es aquel implemento conformado por un tractor de ruedas agrícola enganchado a dos canasta de autovolteo simple con una capacidad en lleno de 18 a 20 toneladas de caña quemad o verde, picada y cortada.*

### ***Método Melga***

*Se le denomina melga al método propuesto de cosecha, es decir los giros y movimientos que realiza la cosechadora de caña con el conjunto de transbordo doble durante la continuidad en la actividad de llenado de la MP.*

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el impacto de un diseño de sistema optimizado de abastecimiento sobre la productividad en la división de cosecha de la empresa Casa Grande S.A.A.?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar el impacto de un diseño de sistema optimizado de abastecimiento sobre la productividad en la división de cosecha de la empresa Casa Grande S.A.A.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual en la división de cosecha empresa Casa Grande S.A.A.
- Desarrollar herramientas de ingeniería en el actual sistema de cosecha.
- Evaluar económica y financieramente la propuesta del diseño de un sistema optimizado de abastecimiento.

## **1.4. Hipótesis**

El diseño de un sistema de cosecha optimizado de abastecimiento impacta positivamente sobre la productividad en la división de cosecha la empresa Casa Grande S.A.A.



# **CAPÍTULO II.**

## **METODOLOGÍA**

## **2.1. Tipo de investigación**

### **2.1.1. Según el propósito**

Aplicada – pre experimental

### **2.1.2. Población**

Colaboradores de la División Cosecha en la empresa Casa Grande S.A.A

### **2.1.3. Muestra**

División Cosecha – Cosecha mecanizada de caña de azúcar

### **2.1.4. Diseño de contrastación**

Rediseño en el proceso de abastecimiento de caña por cosecha mecanizada en la división de cosecha de la empresa Casa Grande S.A.A.

**G:** O1 → X → G2: O2

**G:** Cosecha mecanizada – División Cosecha – Casa Grande S.A.A

**O1:** Productividad de la cosecha mecanizada antes de la propuesta de mejora.

**O2:** Productividad de la cosecha mecanizada después de la propuesta de mejora

### **2.1.5. Variables**

**VI:** Diseño de un sistema optimizado de abastecimiento.

**VD:** Productividad en la división de cosecha en la empresa Casa Grande S.A.A.

## 2.2. Métodos: Operacionalización de las variables

Problema	Hipótesis	Variables	Área	Indicador	Fórmula
¿En qué medida un diseño de sistema optimizado de abastecimiento incrementa la productividad en la división de cosecha de la empresa Casa Grande S.A.A.?	El diseño de un sistema optimizado de abastecimiento incrementa la productividad en la división de cosecha de la empresa Casa Grande S.A.A.	VI: Diseño de un sistema optimizado de abastecimiento	División de Cosecha	%Número de viajes	$\frac{Total\ número\ de\ viajes\ act - total\ número\ de\ viajes\ sist\ opt.}{Total\ número\ de\ viajes\ act.} \times 100\%$
		%Tiempo en giros		$\frac{Total\ tiempo\ en\ giros\ sist\ act. - tiempo\ total\ en\ giros\ sist\ opt}{Tiempo\ total\ en\ giros\ sist\ act.} \times 100\%$	
		%Tiempo total del ciclo de abastecimiento		$\frac{Tiempo\ total\ ciclo\ sist. act. - tiempo\ total\ ciclo\ sist\ opt.}{Tiempo\ total\ ciclo\ sist. actual.} \times 100\%$	
		Productividad de cosechadora de caña		$\frac{Total\ de\ toneladas\ cosechadas\ sist\ opt.}{Total\ de\ horas\ promedio\ de\ trabajo}$	
		VD: Productividad en la división cosecha en la empresa Casa Grande S.A.A		% Cuota de cosecha mecanizada	$\frac{Total\ de\ caña\ cosechada\ sist\ opt.}{Requerimiento\ total\ de\ caña\ cosechada\ mecanizada} \times 100\%$
				% Costos perdidos del sistema	$\frac{Costos\ perdidos\ actuales - costos\ perdidos\ mejorados}{Costos\ perdidos\ actuales} \times 100\%$

## 2.3. Procedimientos.

### 2.3.1. Generalidades de la empresa

La gerencia de servicios agrícolas de la empresa Casa Grande S.A.A está dividida actualmente en 04 divisiones encabezada por una superintendencia, las divisiones son de: planificación, cosecha, operaciones y mantenimiento de maquinaria agrícola pesada.

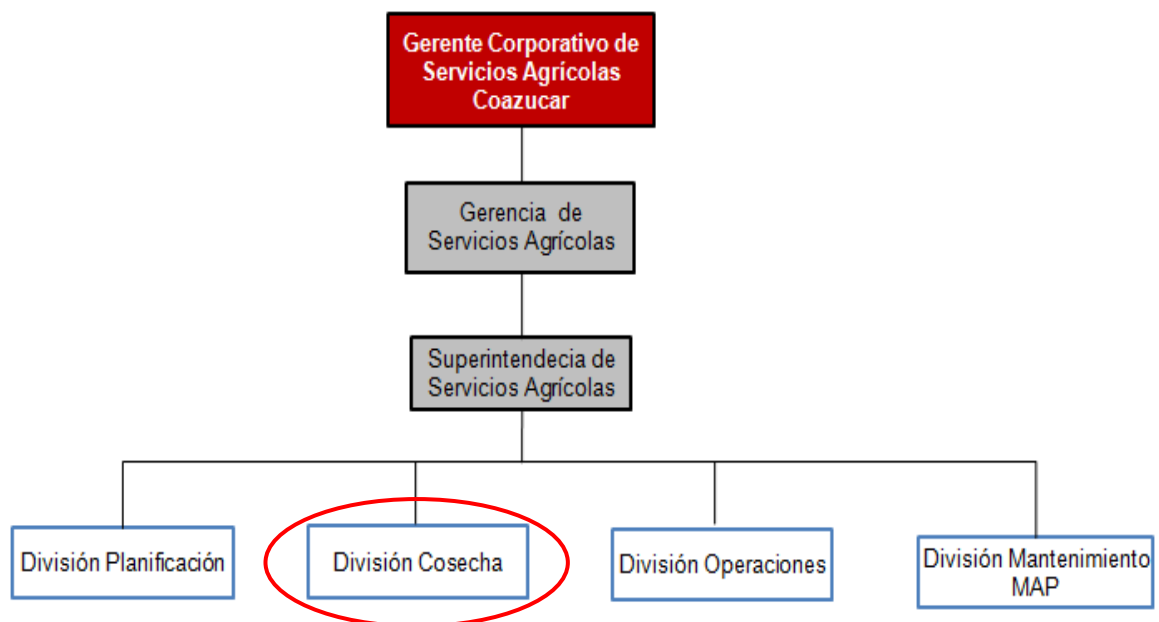


Figura N°8: Organigrama de servicios agrícolas, Fuente: Elaboración Propia

## Principales Productos

La empresa Casa Grande S.A.A tiene como principales productos la elaboración de:

- Azúcar rubia en presentaciones de 1 kg, 2 kg, 5 kg y 50 kg



*Figura N°9: Azúcar rubia x 50 kg*

- Azúcar refinada en presentaciones de 1 kg, 2 kg, 5 kg y 50 kg



*Figura N°10: Azúcar refinada x 50 kg*

### Principales productos derivados

- Alcohol etílico rectificado 96°
- Alcohol etílico industrial 94 °
- Melaza
- Bagazo



*Figura N°11: Destilería de alcohol de Casa Grande S.A.A.*

### Principales competidores

- Corporación Andahuasi (Lima)
- Agroindustrial Paramonga (Lima)
- Agroindustrial Laredo (La Libertad)

### **Principales proveedores**

- Casa Grande S.A.A es una empresa que siembra y cosecha su propia materia prima, es decir la caña de azúcar, pero también compra a asociaciones locales (terceros).

### **Principales Clientes**

- **Azúcar Rubia**

Mercado Local: Pequeñas empresas

Mercado Nacional:

Mercado extranjero: USA, Canadá

- **Azúcar Blanca**

Mercado Local: Pequeñas empresas

Mercado Nacional: Corporación Lindley

Mercado extranjero: Centroamérica, Colombia

División cosecha es el área de aplicación de la presente propuesta de mejora. A continuación, se muestra el organigrama así como el macro-proceso de la división en la que se detalla la interacción con otras divisiones como soporte de información y operación.

### 2.3.2. Organigrama de la división de cosecha

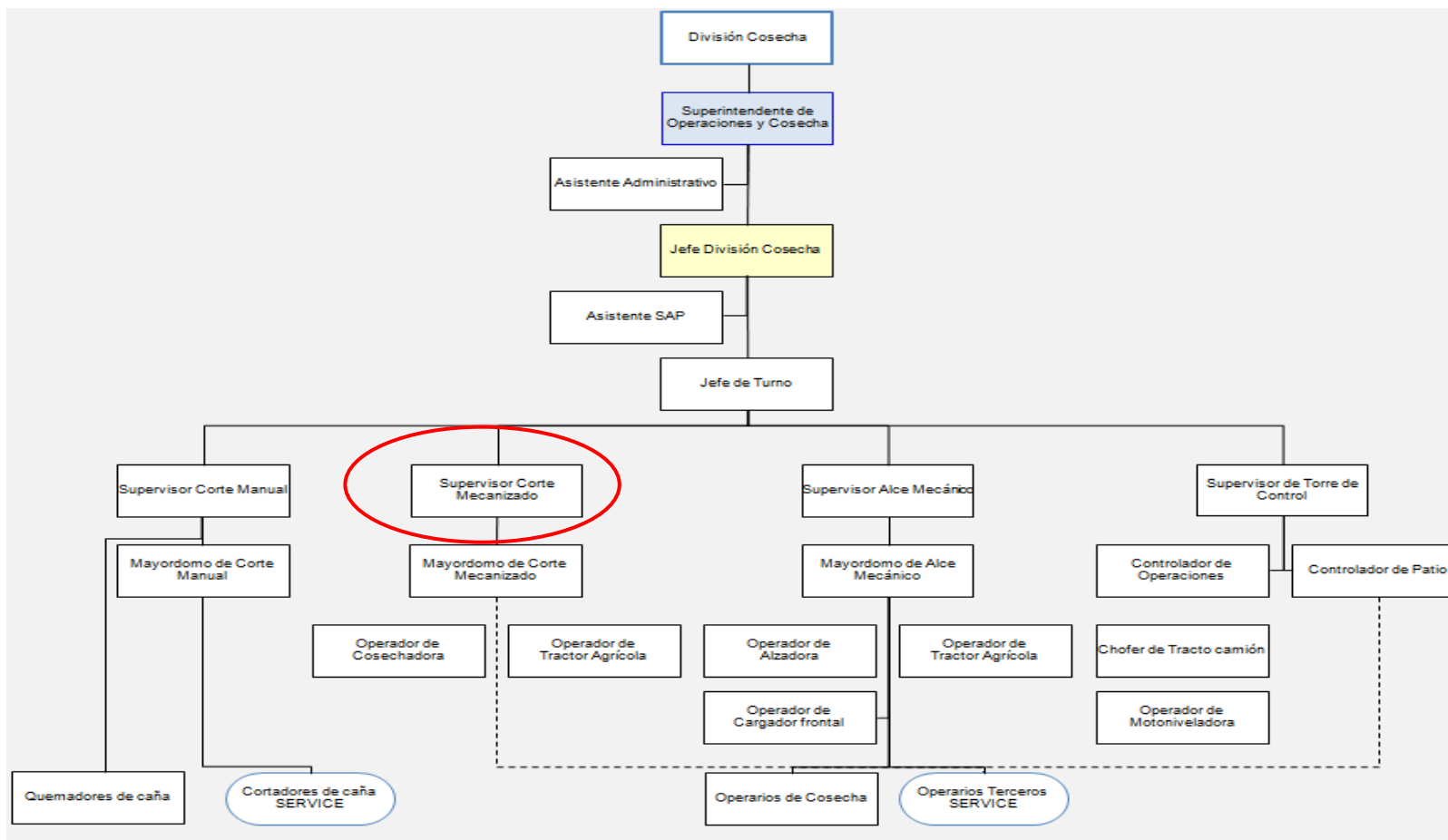


Figura N°12: Organigrama de división cosecha, Fuente: División Cosecha



### 2.3.3. Cadena de valor

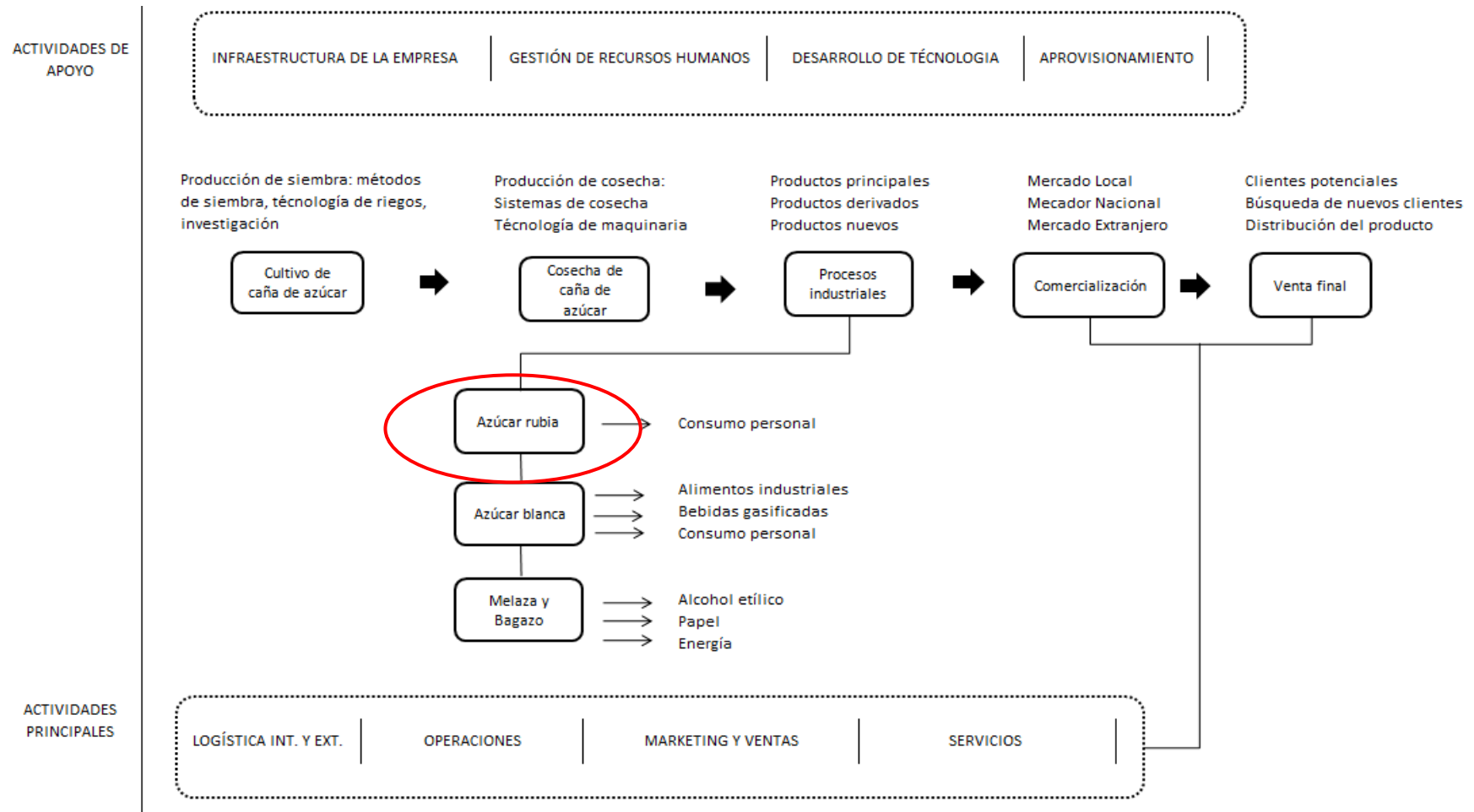


Figura N°13: Cadena de valor del producto (azúcar), Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.4. Macro- Proceso de la división

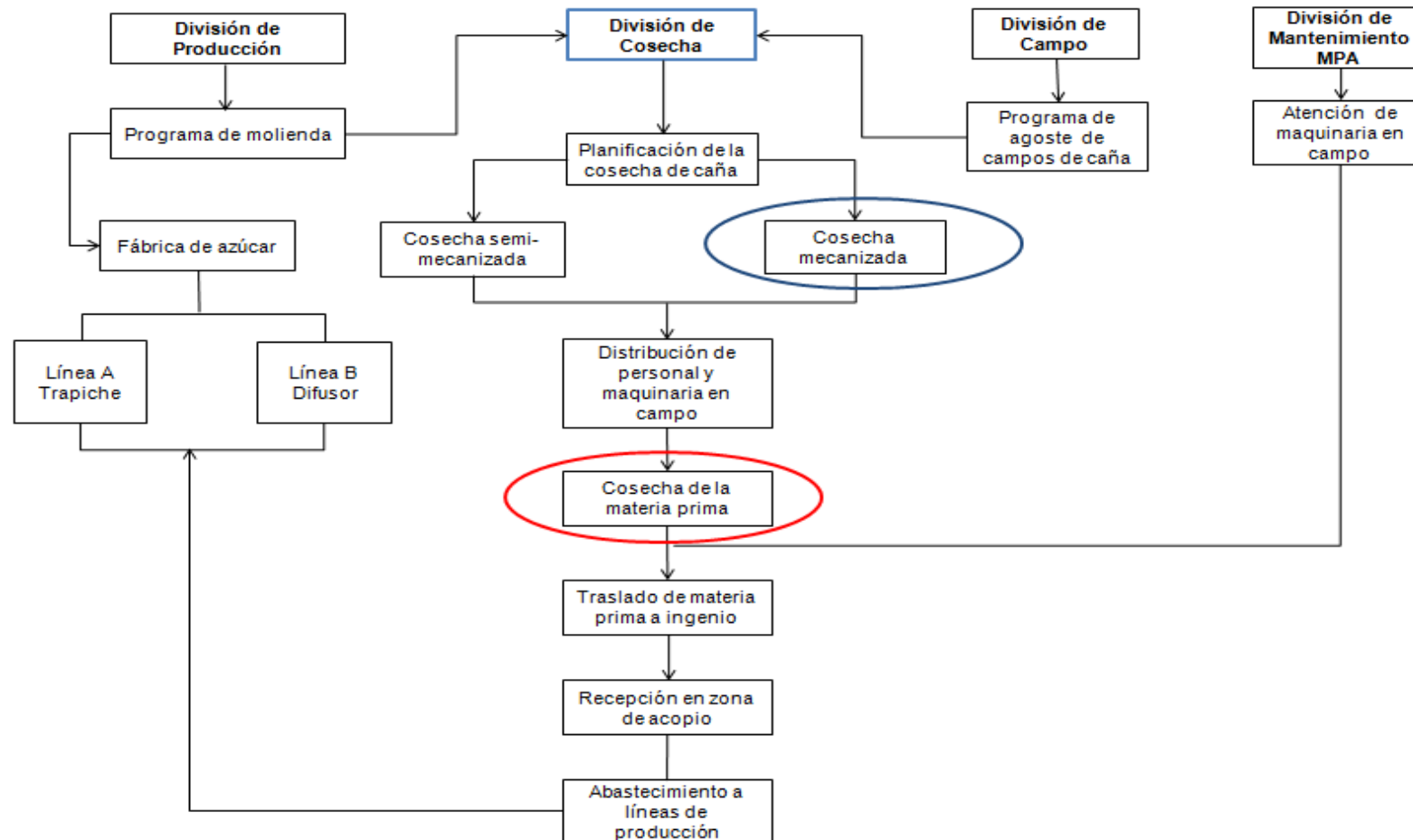


Figura N°14: Macro proceso de la división cosecha, Fuente: Elaboración Propia

## Descripción del macro – proceso de la división

División cosecha tiene como soporte principal a las divisiones de:

### Producción

Encargada de la entrega de la programación de molienda mensual, semanal y diaria de entrada de materia prima para la elaboración del azúcar, así como especificar el uso de sus líneas de producción para priorizar el envío de materia prima en campo.

### Campo

Encargada de la entrega de la programación de los campos en condiciones aceptables para la movilización de la maquinaria en sus cuarteles de materia prima en estado de agoste (madurez de la caña) para que sean verificados, habilitados, quemados y cosechados por los sistemas actuales de la división.

### Mantenimiento MPA

Encargada del soporte inmediato de la maquinaria que se encuentra en cosecha, ya sea materiales de repuesto, lavado de maquinaria, engrases, mantenimientos programados, entre otros.

Es en este diagrama de procesos, específicamente en la **cosecha de materia prima** que se observó una posible mejora en el sistema actual de **cosecha mecanizada**.

A continuación, se muestra el siguiente diagrama de flujo en el que se detalla los micros procesos que se realizan para el inicio de la **cosecha de materia prima** de caña de azúcar quemada o verde. Se observa el tiempo total actual del ciclo de abastecimiento en la configuración tetra con una capacidad de carguío de 35 a 40 toneladas por canasta.

Esta parte del proceso es el enfoque de la propuesta previamente mencionada.

### 2.3.5. Diagrama de flujo del micro- proceso de cosecha quemada

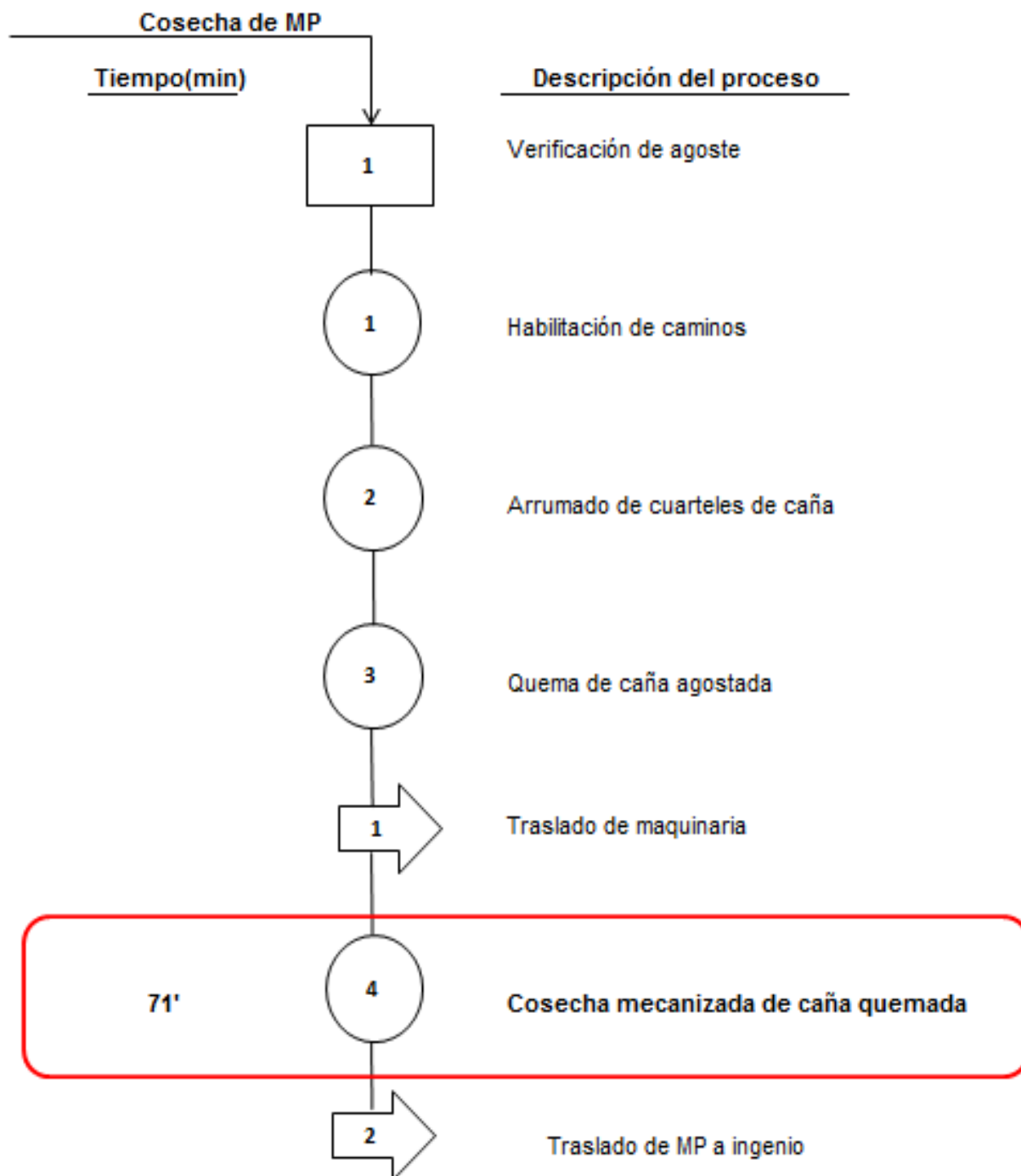





Figura N°15: Micro procesos de cosecha en quemado de la MP, Fuente: División Cosecha

Actividad	Símbolo	Cantidad
Verificación de campo agostado		1
Operación en campo agostado		4
Traslado de maquinaria y MP		2

*Figura N°16:* Resumen micro proceso de cosecha de caña de azúcar quemada,  
*Fuente:* Elaboración Propia

### 2.3.6. Diagrama de flujo de cosecha en verde

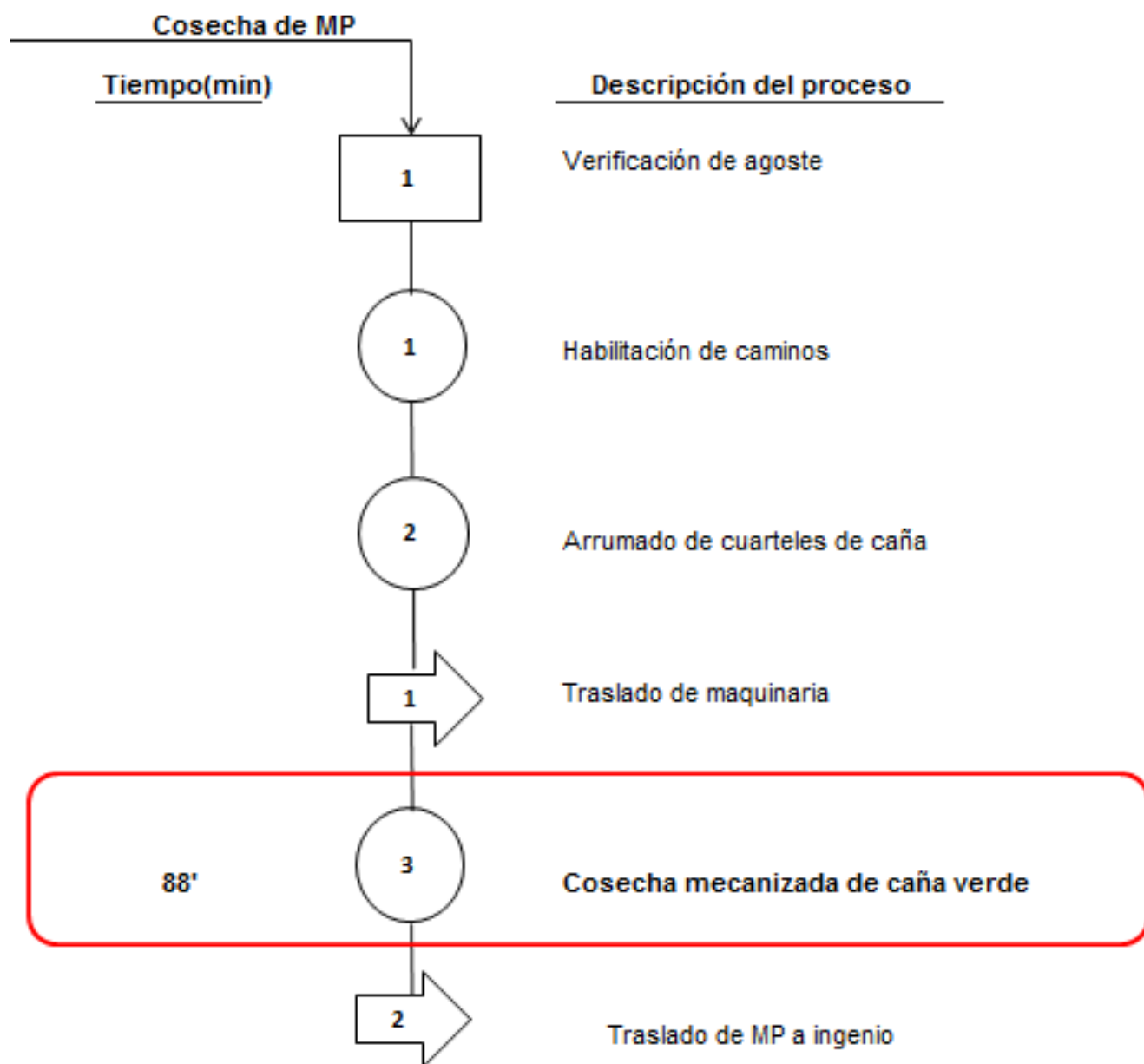





Figura N°17: Micro procesos de cosecha en verde de la MP, Fuente: División Cosecha

Actividad	Símbolo	Cantidad
Verificación de campo agostado		1
Operación en campo agostado		3
Traslado de maquinaria y MP		2

*Figura N°18: Resumen micro proceso de cosecha de caña de azúcar verde,*  
*Fuente: Elaboración Propia*

## **Descripción del micro-proceso para la cosecha de caña quemada y verde**

### **Verificación de agoste**

La verificación de agoste es el grado de madurez en el que la división de campo entregue los campos con materia prima adecuados para ser cosechados. El agoste es considerado a partir de los 90 días hasta 120 días como máximo, luego la caña de azúcar tiende a secarse.

### **Habilitación de caminos**

La habilitación de caminos es realizado con maquinaria de línea amarilla, es decir con moto-niveladoras CAT 770G con el objetivo de dar seguridad en el traslado y los movimientos internos de la maquinaria mecanizada en campo, es decir los circuitos de cosecha.

### **Arrume de cuarteles**

El arrumado de cuarteles con caña se realiza con el objetivo de evitar que la quema de estos se propague en cuarteles próximos a cuarteles no programados o que no se encuentren en su totalidad agostados.

### **Quema de caña**

La quema de caña se realiza mayormente para disminuir el grado de materia extraña, es decir evitar que la cosechadora de caña se abastezca más de hoja que de materia prima. Se considera las direcciones del viento y el previo arrumado de los cuarteles programados.



### **Traslado de maquinaria**

Establecidos los caminos y los circuitos, así como la quema de caña se procede al traslado de la maquinaria para realizar las operaciones en campo, es decir la cosecha de caña de azúcar con los sistemas actuales.

### **Cosecha mecanizada de caña**

Sistema actual de cosecha donde se realiza el abastecimiento de caña quemada o verde, cortada y echada mediante el proceso de autovolteo. La cosechadora de caña abastece al conjunto de transbordo simple en los cuarteles programados, quemados o en verde de los surcos de caña, y este se traslada a la zona de trasiego para abastecer de materia prima a las configuraciones tetras.

### **Traslado de MP**

El traslado de la materia prima al ingenio lo realizan cabezas de tractos con una capacidad de carga aproximada de 135 ton/viaje para ser recepcionados y posteriormente dejar la caña de azúcar quemada o verde en las líneas de producción de fábrica.

Para entender el sistema actual de cosecha, se toma como ejemplo al campo agostado Bazarrate “A” con un rendimiento promedio por hectárea de 120 toneladas.

*Figura N°19: Plano de campo en cosecha, Fuente: Gerencia de campo*

- A. Se identifica y se plasma en el primer bloque programado para la cosecha del campo los circuitos de entrada y salidas de las configuraciones tetras, las cuales trasladarán la MP al ingenio.

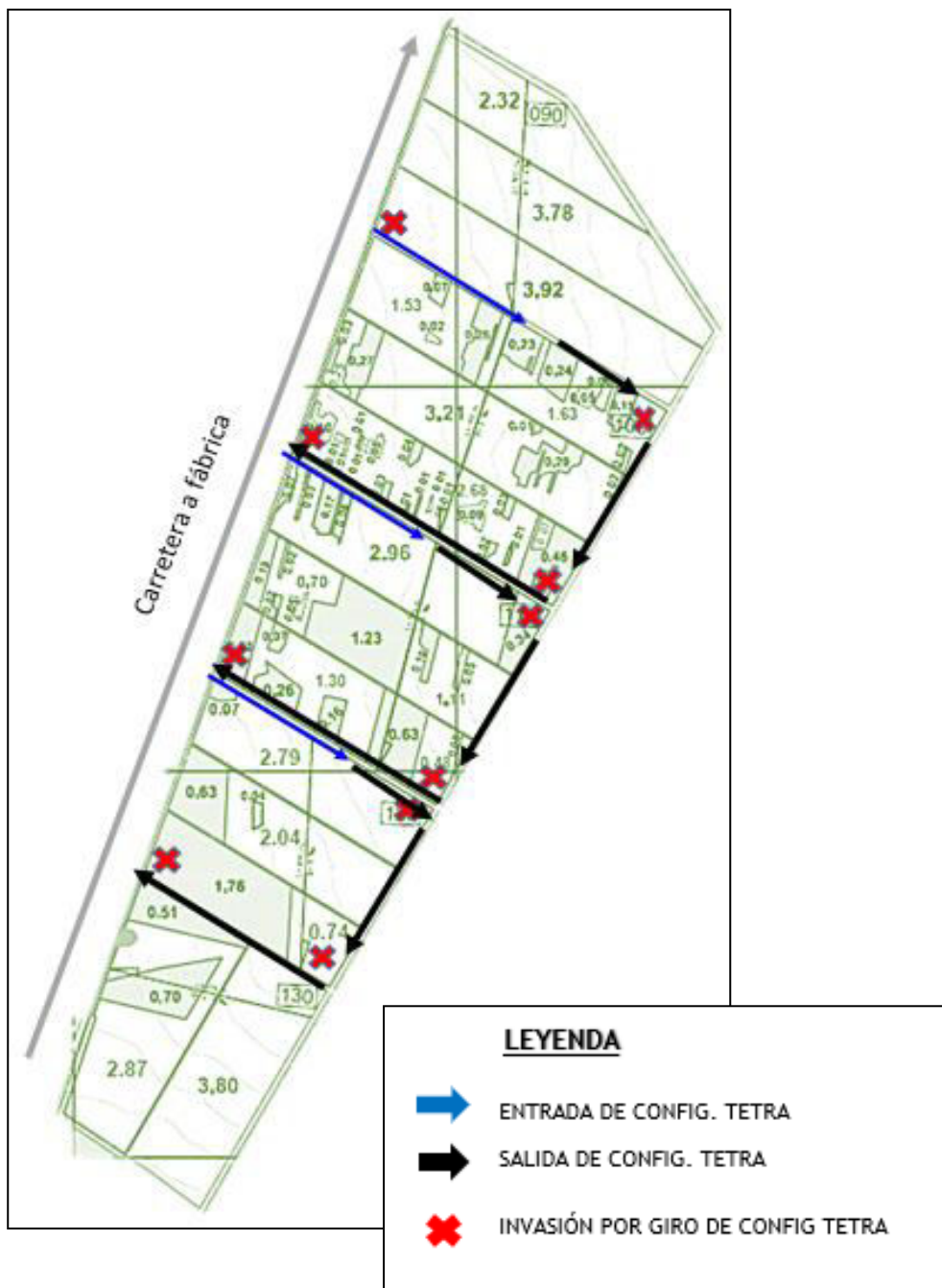


Figura N° 20: Circuito de bloque en cosecha, Fuente: División Cosecha

- B. Se identifica la mejor posición para iniciar el corte correcto en el surco de caña, a fin de evitar daños en las cepas y tener un criterio de avance durante toda la cosecha del campo.

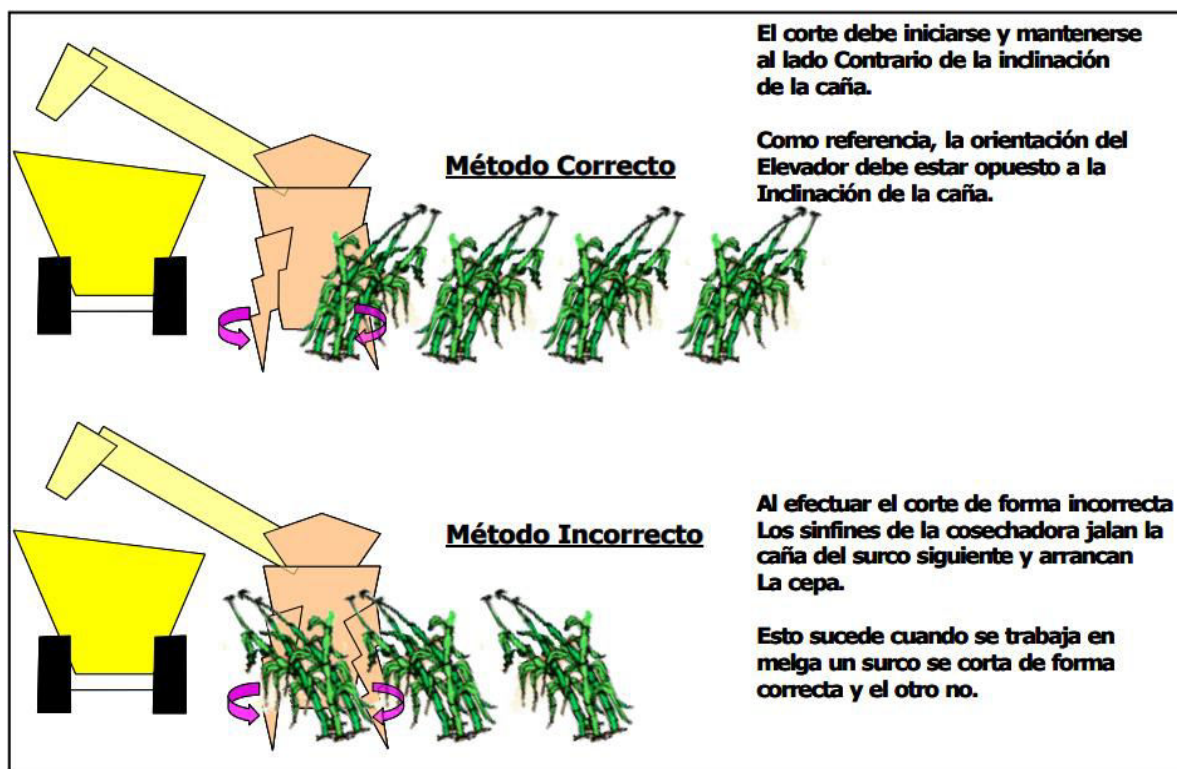


Figura N°21: Método de corte del surco de caña, Fuente: División Cosecha.

- C. La ubicación de la maquinaria marca el inicio de la cosecha mecanizada, es decir la cosechadora se ubica de 02 a 03 surcos de distancia para abastecer al conjunto de transbordo simple.
- D. La cosechadora de caña inicia el primer corte del bloque cada 03 cuarteles, es decir abastecerá al conjunto de transbordo simple con aproximadamente 03 a 04 surcos de caña.



E. La continuidad de la cosecha mecanizada es realizada por el método actual de Face to face. Actualmente, en los campos de Casa Grande se otorga “trochas” por cada cosechadora de caña entre los 0.70 a 0.85 hectáreas para iniciar la cosecha.

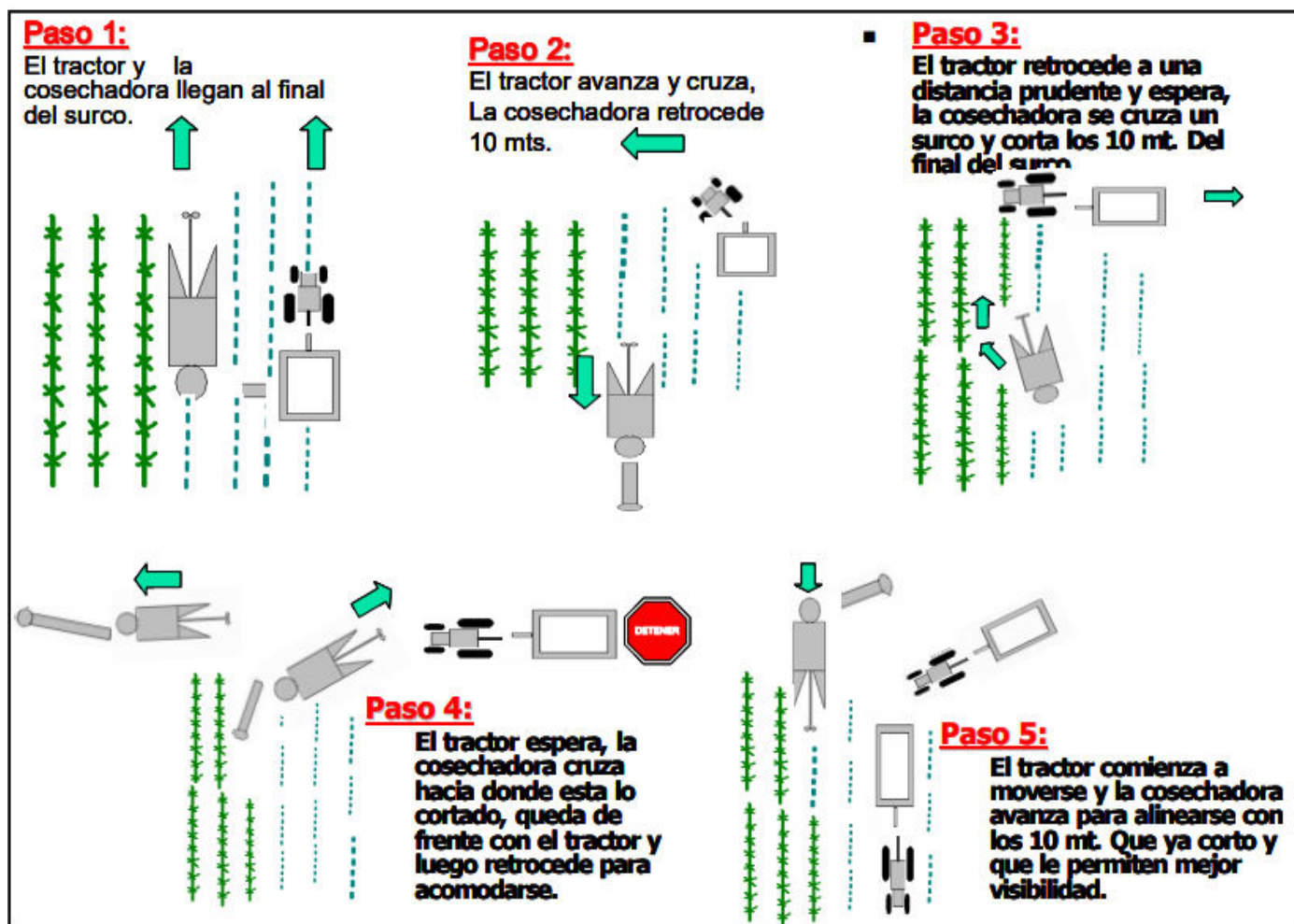


Figura N°22: Pasos del método de corte face to face, Fuente: División Cosecha

F. Finalmente, establecidos los circuitos de cosecha, la posición de la maquinaria, el método de corte correcto y el movimiento interno durante la continuidad de la cosecha, se puede observar e identificar el ciclo total de abastecimiento de caña picada en la configuración tetra ubicada en la zona de trasiego.

### 2.3.8. Diagrama de flujo del sistema actual de abastecimiento de MP

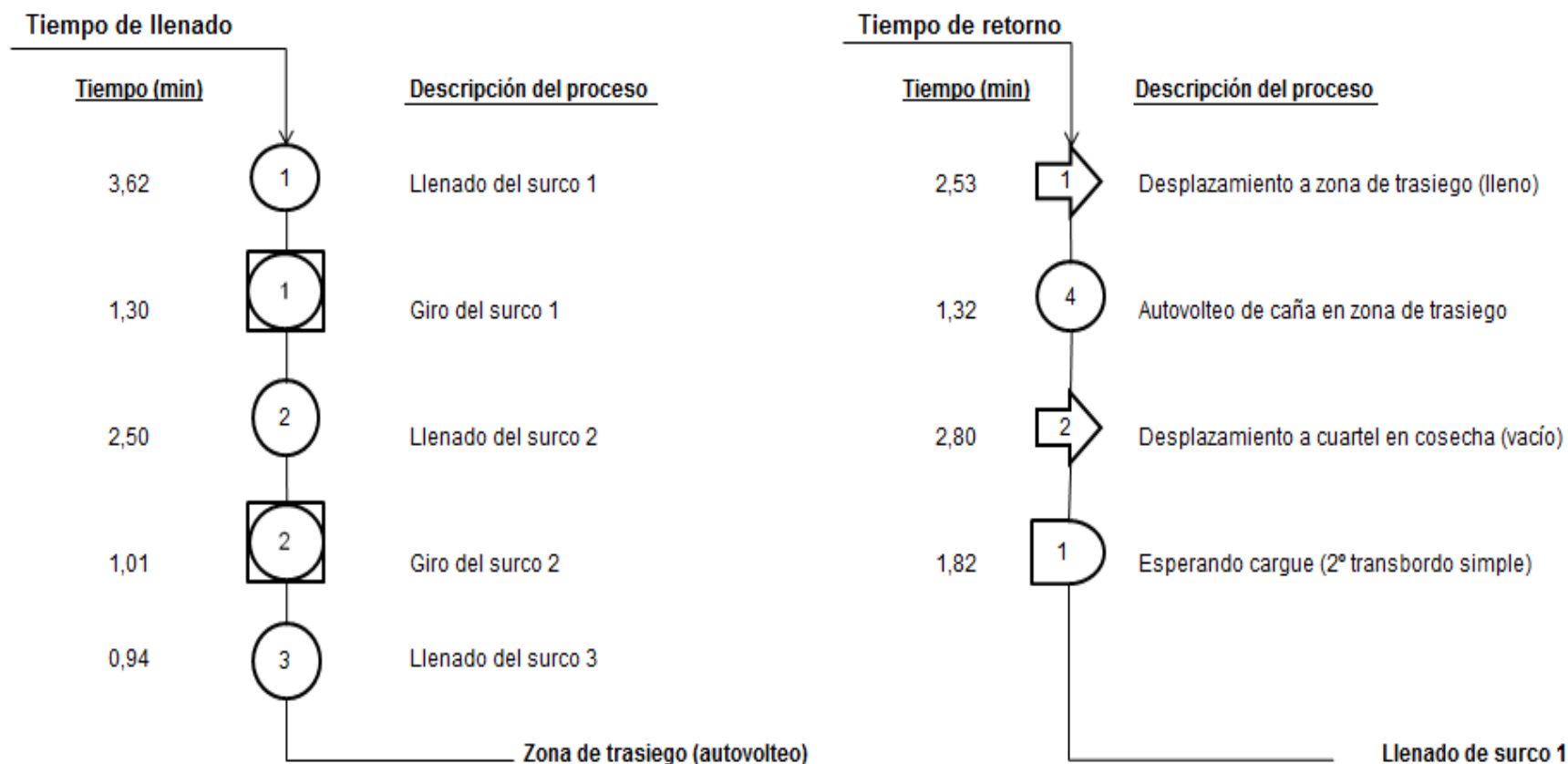






Figura N°23: Diagrama de flujo en el abastecimiento de caña quemada con transbordo simple, Fuente: Elaboración Propia

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)
Llenado		4	8,38
Giros		2	2,31
Traslados		2	5,33
Espera		1	1,82

*Figura N°24: Resumen tiempos de abastecimiento en quemado, Fuente: Elaboración Propia*

Se tiene un ciclo promedio total de abastecimiento de 17.8 minutos a una unidad de canasta cañera, es decir que en promedio la configuración tetra se abastece actualmente en un tiempo aproximado de 71 minutos.

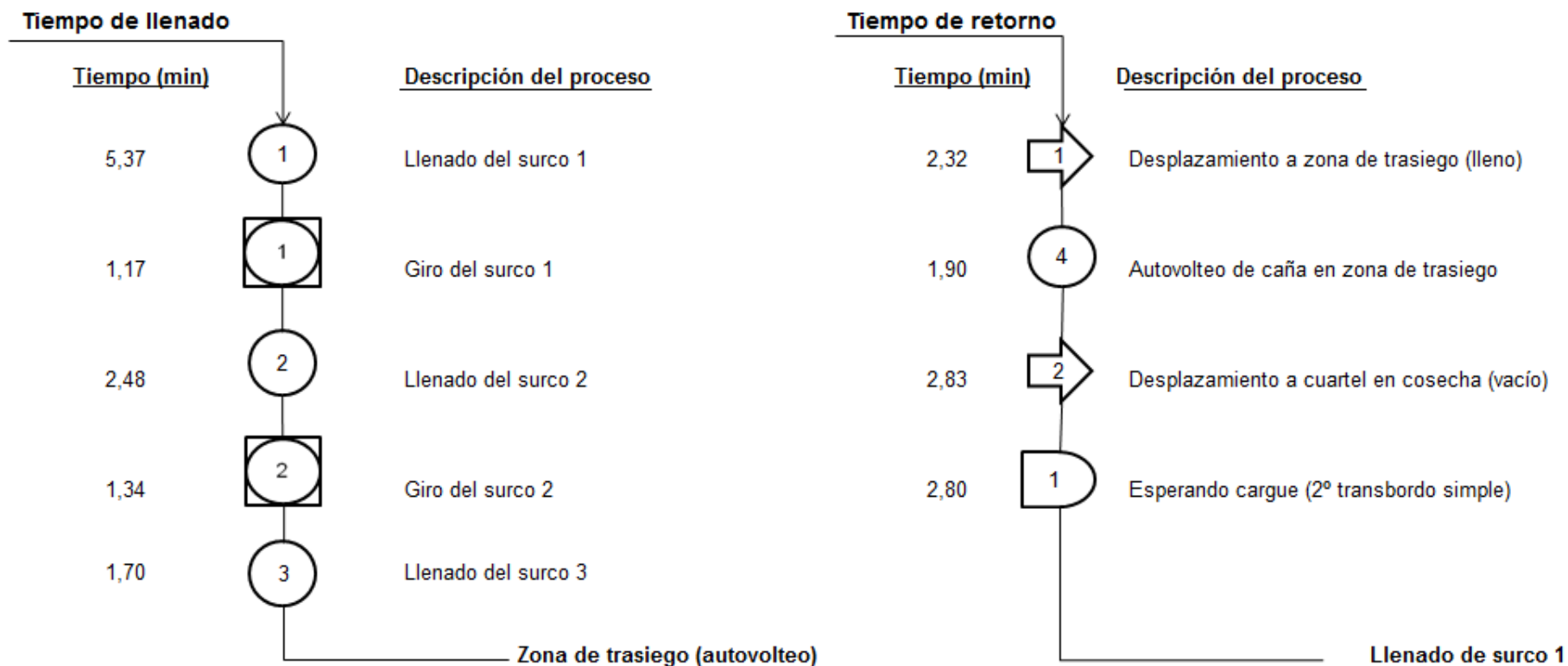






Figura N°25: Diagrama de flujo en el abastecimiento de caña verde con transbordo simple, Fuente: Elaboración Propia



Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)
Llenado		4	11,45
Giros		2	2,51
Traslados		2	5,15
Espera		1	2,8

*Figura N°26: Resumen tiempos de abastecimiento en verde, Fuente: Elaboración Propia*

Se tiene un ciclo promedio total de abastecimiento de 21.9 minutos a una unidad de canasta cañera en la cosecha en verde, es decir que en promedio la configuración tetra se abastece actualmente en un tiempo aproximado de 88 minutos.

### 2.3.9. Identificación de Indicadores – Diagrama de Ishikawa

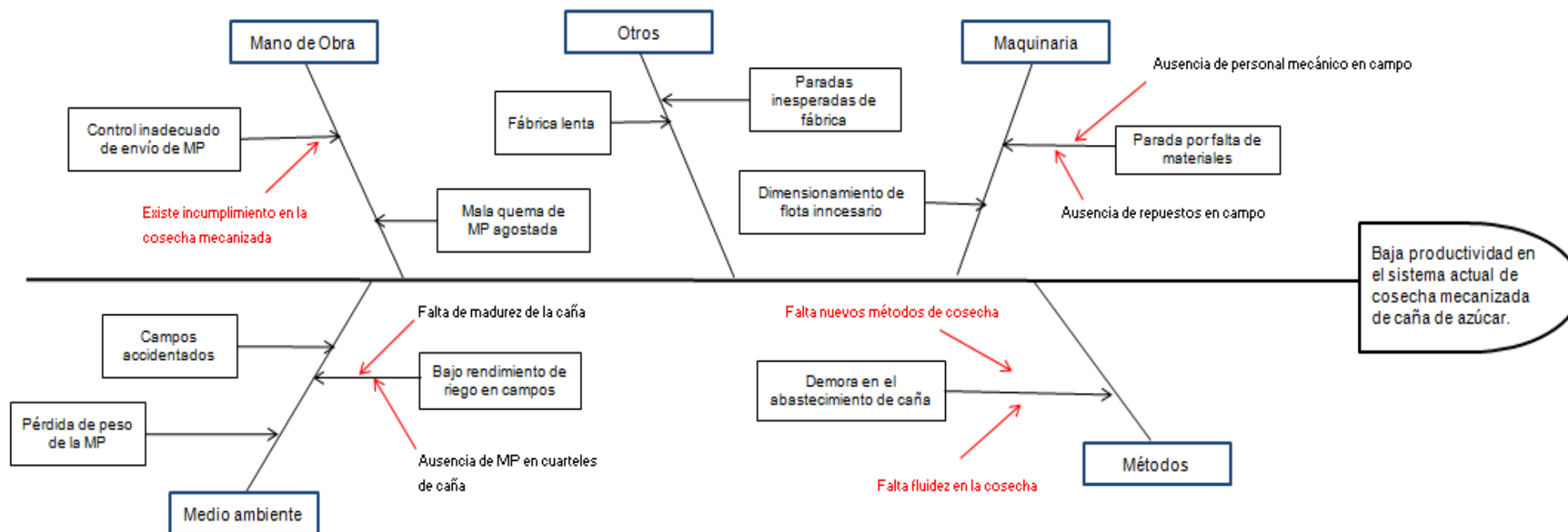


Figura N°27: Diagnóstico en el abastecimiento del sistema actual de cosecha de cosecha mecanizada, Fuente: Elaboración Propia

### Matriz de priorización

Luego de identificar las causas raíces mediante el diagrama de causa efecto, se aplicó la encuesta según la problemática en las que fueron calificadas según su nivel de influencia que tengan, obteniendo como resultados a 03 de un total de 07 causas raíces.

**Tabla 3.**

***Causa raíz según su nivel de influencia.***

Matriz de priorización					
CR	Descripción de la causa	Sumatoria	%Relativo	%Acumulado	80-20
CR7	Falta nuevos métodos de cosecha	75	23,01%	23,01%	80
CR6	Falta fluidez en la cosecha mecanizada	71	21,78%	44,79%	80
CR1	Existe incumplimiento en la cosecha mecanizada	65	19,94%	64,72%	80
CR3	Ausencia de materiales en campo	51	15,64%	80,37%	20
CR2	Ausencia de personal mecánico en campo	25	7,67%	88,04%	20
CR5	Ausencia de MP en cuarteles de caña	21	6,44%	94,48%	20
CR4	Falta de madurez de la caña de azúcar	18	5,52%	100,00%	20
<b>TOTAL</b>		<b>326</b>	<b>100,00%</b>	-	-

*Fuente:* Elaboración propia

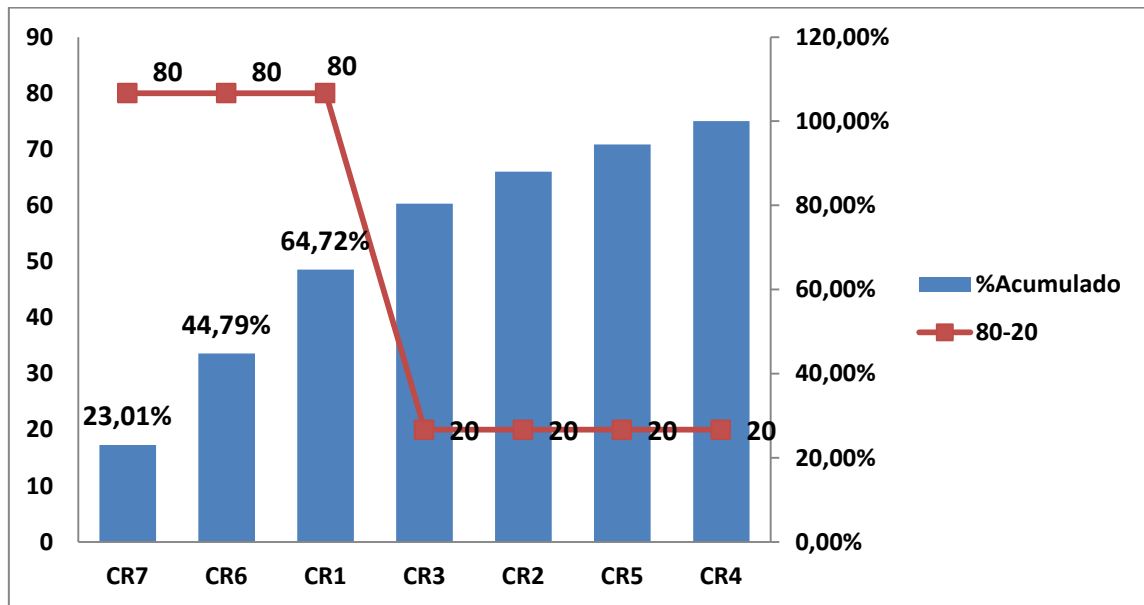


Figura N°28: Gráfica de Pareto 80-20 por causa raíz, Fuente: Elaboración Propia

## 2.3.10. Matriz de indicadores

Tabla 4.

**Matriz resumen de indicadores de las causas raíces y metas propuestas**

CR	Descripción	Indicador	Fórmula	VA	Pérdida actual	VM	Pérdida mejorada	Beneficio	Herramienta
CR7	Falta nuevos métodos de cosecha	%Tiempo total del ciclo	$\frac{\text{Tiempo total ciclo sist. act.} - \text{tiempo total ciclo sist opt.}}{\text{Tiempo total ciclo sist. act.}} \times 100\%$	100%	S/. 885.445,75	30%	S/. 796.901,17	S/. 88.544,57	INGENIERÍA DE MÉTODOS:  ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS  (Implementación de doble transbordo)
		%Número de viajes	$\frac{\text{Total de números de viajes act} - \text{total de núm. viajes opt.}}{\text{Total números de viajes del sist. actual.}} \times 100\%$	100%		50%			
		%Tiempo en giros	$\frac{\text{Total tiempo en giros sist act.} - \text{total tiempo en giros sist opt.}}{\text{Total tiempo en giros sist actu.}} \times 100\%$	100%		25%			
CR6	Falta de fluidez en la cosecha	Productividad de cosechadora	$\frac{\text{Total de toneladas cosechadas sist opt.}}{\text{Total de horas de trabajo}}$	Q:51 V:30	S/. 885.445,75	Q: 56 V: 33	S/. 796.901,17	S/. 88.544,57	INGENIERÍA DE MÉTODOS:  ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS  (Implementación de doble transbordo)
CR1	Existe incumplimiento en la cosecha mecanizada	% Cuota de cosecha mecanizada	$\frac{\text{Total de caña cosechada sist opt.}}{\text{Requerimiento total de caña por cosechada mecanizada}} \times 100\%$	80%		95%			

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.11. Solución de la propuesta

#### Descripción de las causas raíces

CR7: Falta de nuevos métodos de cosecha

CR6: Falta de fluidez en la cosecha

CR1: Existe incumplimiento en la cosecha mecanizada

El sistema de abastecimiento actual de materia prima en campo carece de nuevos métodos de cosecha e impacta en la fluidez de la misma, reflejando el incumplimiento en la cuota de cosecha mecanizada de caña de azúcar al ingenio, generando finalmente un único diagnóstico del sistema actual. Actualmente el costo por tonelada cosechada de caña bruta para quemado es de 25,65 S/TCB por el uso de 5 a 6 cosechadoras de caña y para verde 18.99 S/TCB por el uso de 2 a 3 cosechadoras de caña.

#### Diagnóstico de pérdidas

Es importante mencionar que la última causa raíz es la única que refleja el diagnóstico de pérdidas por dejar de cosechar “x” toneladas de caña de azúcar tanto en quemado como en verde. Esta, es afectada en los indicadores de productividad de la misma y de las otras dos causas mencionadas anteriormente.

#### CR7: Falta de nuevos métodos de cosecha

El costo por reproceso en campo, es lo que se recupera según la cuota diaria de cosecha, actualmente se recupera de 3000 tn promedio/día el 0.60% para la cosecha quemada y de 1000 tn promedio/día el 1.00% para la cosecha en verde por cada campo programado. Esto genera una pérdida anual total de **S/. 234.576,00.**

**Tabla 5.**

***Detalle de pérdida por reproceso de cosecha***

<b>Tipo de cosecha</b>	<b>Toneladas recuperadas</b>	<b>Pérdida diaria</b>	<b>Pérdida mensual</b>	<b>Pérdida anual</b>
<b>Quemada</b>	18	S/. 461,70	S/. 13.851,00	S/. 166.323,00
<b>Verde</b>	10	S/. 189,90	S/. 5.697,00	S/. 68.364,00

#### CR6: Falta de fluidez en la cosecha

El costo por dejar de cosechar una tonelada de caña bruta por máquina refleja la poca fluidez y afecta la productividad de la cosechadora de caña y del actual del sistema mecanizado.

Actualmente se tiene una meta de productividad promedio de la cosechadora en quemado de 65 tn/hr con un valor real del 51.29 tn/hr y para verde 50 tn/hr con un valor real de 30.04 tn/hr.

Esto causa una diferencia en el rendimiento de la máquina de 13.71 tn/hr en quemado y 19.96 tn/hr para verde y genera una pérdida anual de **S/. 63.667,37**; para obtener este costo se tiene en cuenta horas motor promedio anual de las máquinas cosechadoras de caña, así como la necesidad según programa diario de cosecha.

**Tabla 6.**

***Detalle de pérdida por dejar de cosechar 1 tn de caña bruta***

Tipo de cosecha	Diferencia (tn/hr)	Hrs motor prom. anual	Cosechadoras	1 tn = 2 sacos	Rentabilidad x saco	Pérdida anual
<b>Quemada</b>	13.71	11.99	06	1.972,59	S/. 20.00	S/. 39.451,89
<b>Verde</b>	19.96	10.11	03	1.210,77	S/. 20.00	S/. 24.215,47



### CR1: Existe incumplimiento en la cosecha mecanizada

El promedio en pérdidas de toneladas de caña por hectárea para ese año en quemado es del 1.60%, es decir 9.187,79 toneladas de caña por cosecha en quemado y en verde del 2.32%, teniendo un promedio general de 1.96% de pérdidas para el sistema actual de cosecha.

Actualmente, la molienda de 1 tonelada de caña equivale a obtener 2 sacos de azúcar de 50 kilogramos/saco, lo que significa que se perdieron por este sistema 14.680 toneladas de caña bruta. Esto genera pérdida anual en el año 2017 de **S/. 587.202,38**.

**Tabla 7.**

***Detalle anual de pérdidas de cosecha del sistema actual - 2017***

Mes	Programado (Tn)	Pérdida (Tn)	Pérdida (S/.)
Enero	83.066	1.628	S/. 65.123,37
Febrero	61.073	1.197	S/. 47.881,26
Marzo	6.137	120	S/. 4.811,64
Abril	47.974	940	S/. 37.611,72
Mayo			
Junio			
Julio	74.486	1.460	S/. 58.397,10
Agosto	102.261	2.004	S/. 80.172,62
Septiembre	89.820	1.760	S/. 70.419,06
Octubre	87.582	1.717	S/. 68.663,94
Noviembre	100.020	1.960	S/. 78.415,59
Diciembre	96.564	1.893	S/. 75.706,08
<b>Total</b>	<b>748.983</b>	<b>14.680</b>	<b>S/. 587.202,38</b>

*Fuente: División Cosecha/Elaboración Propia*

**Tabla 8.**

**Total de pérdidas antes de la propuesta de mejora**

*Fuente:* Elaboración Propia

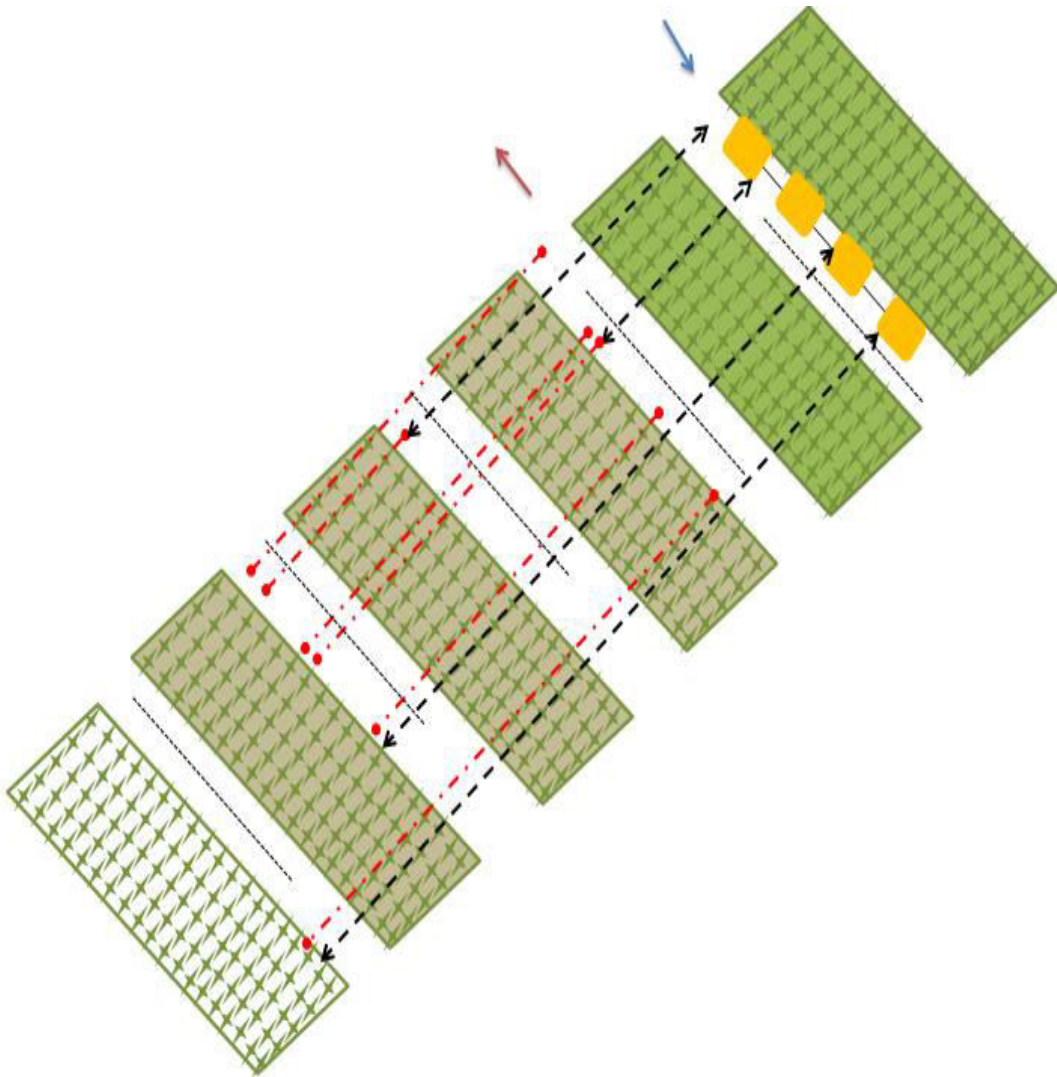
CR	Descripción	Indicador	VA	Pérdida	Participación	Pérdida total
CR7	Falta nuevos métodos de cosecha	% Tiempo total del ciclo de abastecimiento	100%	S/. 234.576,00	26.49%	S/. 885.445,75
		% Número de viajes	100%			
		% Tiempo en giros	100%			
CR6	Falta de fluidez en la cosecha	Productividad de cosechadora	Q: 51	S/. 63.667,37	7.19%	
			V:30			
CR1	Existe incumplimiento en la cosecha mecanizada	% Cuota de cosecha mecanizada	80%	S/. 587.202,38	66.32%	

### 2.3.12. Herramientas de mejora



*Figura N°29: Conjunto de transbordo simple, Fuente: División Cosecha/ C.Mecanizada*

En la siguiente figura se observa, identifican y plasman los distintos recorridos que realiza la maquinaria de cosecha (utilizando el conjunto de transbordo simple) para culminar el ciclo de abastecimiento hacia zona de trasiego.



*Figura N°30:* Recorridos de cosecha en el sistema de abastecimiento actual, *Fuente:* Elaboración Propia



Figura N°31: Leyenda de recorrido actual (quemado y verde),

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se detalla la cantidad de recorridos que realiza el conjunto de transbordo simple hacia la zona de trasiego para abastecer de la materia prima, así como el promedio por método actual de cosecha, es decir el movimiento “Face to face”.

Tabla 9.

**Detalle escenarios de recorrido del transbordo simple**

Actividad	Recorrido 01	Recorrido 02	Recorrido 03	Recorrido 04	Promedio A.
N° Surcos	03	04	02	03	03
Llenado de MP	354.0 m	472.0 m	236.0 m	354.0 m	354.0 m
Trasiego con MP	244.0 m	126.0 m	362.0 m	480.0 m	303.0 m
Retorno vacío	244.0 m	126.0 m	362.0 m	480.0 m	303.0 m
<b>Total</b>	<b>842.0 m</b>	<b>724.0 m</b>	<b>960.0</b>	<b>1314.0 m</b>	<b>960.0 m</b>

Identificados el promedio en recorridos que realiza la maquinaria de cosecha por el uso del conjunto de transbordo simple del actual método del sistema mecanizado, se puede medir y obtener el ciclo total de abastecimiento mediante la aplicación de un estudio de tiempos y movimientos.

### **Estudio de tiempos y movimientos**

Se identificó las actividades que conforman el sistema actual de cosecha con el fin de obtener el ciclo de abastecimiento, es decir la cosecha mecanizada de caña con conjunto de transbordo simple por el método en movimiento “Face to face”.

El ciclo de abastecimiento está conformado por lo siguiente:

1. **Tiempo de llenado:** Es el tiempo en que la cosechadora de caña abastece de materia prima al conjunto de transbordo en el cuartel en cosecha.
2. **Tiempo de retorno:** Es el tiempo en que el conjunto de transbordo, luego de ser llenado en su totalidad se desplaza hacia la zona de trasiego y retorna a cosechar.

#### **Este tiempo está conformado por:**

- **Tiempo de desplazamiento con carga de MP del transbordo hacia zona trasiego**

Es el tiempo que se toma desde que la cosechadora dejo de cargar al transbordo simple con la materia prima hasta su llegada a la zona de trasiego.

- **Tiempo de descargue del 1º autovolteo (aplica a transbordo simple)**

Es el tiempo que demora en descargar la materia prima a la canasta cañera con mayor capacidad ubicada en la zona de trasiego, a este proceso se le conoce como “autovolteo simple”.

- **Tiempo de traspase de 1º autovolteo a 2º autovolteo (aplica transbordo doble)**

Es el tiempo de paso entre la descarga del autovolteo simple al inicio de descarga de autovolteo doble.

- **Tiempo de descargue del 2º autovolteo**

Es el tiempo que demora en descargar la materia prima a la canasta cañera con mayor capacidad ubicada en la zona de trasiego, a este proceso se le conoce como “autovolteo doble”.

- **Tiempo de desplazamiento sin carga de zona de trasiego a punto de cosecha**

Es el tiempo que demora en retornar el conjunto de transbordo simple sin carga de materia prima desde la zona de trasiego al punto final de la cosechadora de caña.

- **Tiempo de espera por carga de 2º transbordo simple o doble**

Es el tiempo de espera de c de materia prima del segundo transbordo simple o doble en la cosecha.

Es importante mencionar que para la toma de tiempos con el conjunto de transbordo simple, las condiciones de evaluación en el ciclo actual son las siguientes:

- Llenado con promedio de 03 surcos de caña de azúcar quemada o verde
- Rendimientos promedio en campo aproximados a los 105 TCH
- Método “Face to face” que permite dar trochas de 0.70 a 0.85 ha por máquina cosechadora disponible en campo. (Ver anexo nº1).

En la Tabla 10 se muestra el ciclo de abastecimiento del sistema actual, el cual es de 71.48 minutos (1.19 hrs) con un recorrido promedio del conjunto de transbordo simple hacia la zona de trasiego de 303 metros y con un costo actual de tonelada de caña bruta de S/. 25.65.

**Tabla 10.**

***Resumen ciclo de abastecimiento actual - Quemado***

Descripción	Datos	UM
Conjunto de transbordo	Simple	unid
Tiempo promedio de carga	9.23	min
Tiempo promedio de retorno	8.64	min
Tiempo promedio en giros	1.15	min
Distancia promedio a trasiego	303.0	m
Tiempo promedio parcial de abast.	17.87	min
Cantidad de viajes	04	unid
Toneladas promedio por viaje	09	tn
Costo TCB (config. tetra)	25.65	S/TCB
<b>Ciclo promedio total de abast.</b>	<b>71.48</b>	<b>Min</b>

*Nota:* El ciclo de 71.48 min es el tiempo de abastecimiento a la unidad de canasta cañera, la que conforma parte de la configuración tetra ubicada en la zona de trasiego. Se tiene en cuenta que para llenar cada canasta cañera se necesitan 04 autovoltos (transbordos simples), es decir 04 viajes hacia la zona de trasiego.



En la Tabla 11 se muestra el ciclo de abastecimiento del sistema actual, el cual es de 88.16 minutos (1.47 hrs) con un recorrido promedio del conjunto de transbordo simple hacia la zona de trasiego de 303 metros y con un costo actual de tonelada de caña bruta de S/. 18.99

**Tabla 11.**

***Resumen ciclo de abastecimiento actual - Verde***

Descripción	Datos	UM
Conjunto de transbordo	Simple	unid
Tiempo promedio de llenado	13.43	min
Tiempo promedio de retorno	8.60	min
Tiempo promedio en giros	1.25	min
Distancia promedio a trasiego	303.0	m
Tiempo promedio parcial de abast.	22.04	min
Cantidad de viajes	04	unid
Toneladas promedio por viaje	09	tn
Costo TCB (config. tetra)	18.99	S/TCB
<b>Ciclo promedio total de abast.</b>	<b>88.16</b>	<b>Min</b>

*Nota:* El ciclo de 88.16 min es el tiempo de abastecimiento a la unidad de canasta cañera, la que conforma parte de la configuración tetra ubicada en la zona de trasiego. Se tiene en cuenta que para llenar cada canasta cañera se necesitan 04 autovoltos (transbordos simples), es decir 04 viajes hacia la zona de trasiego.

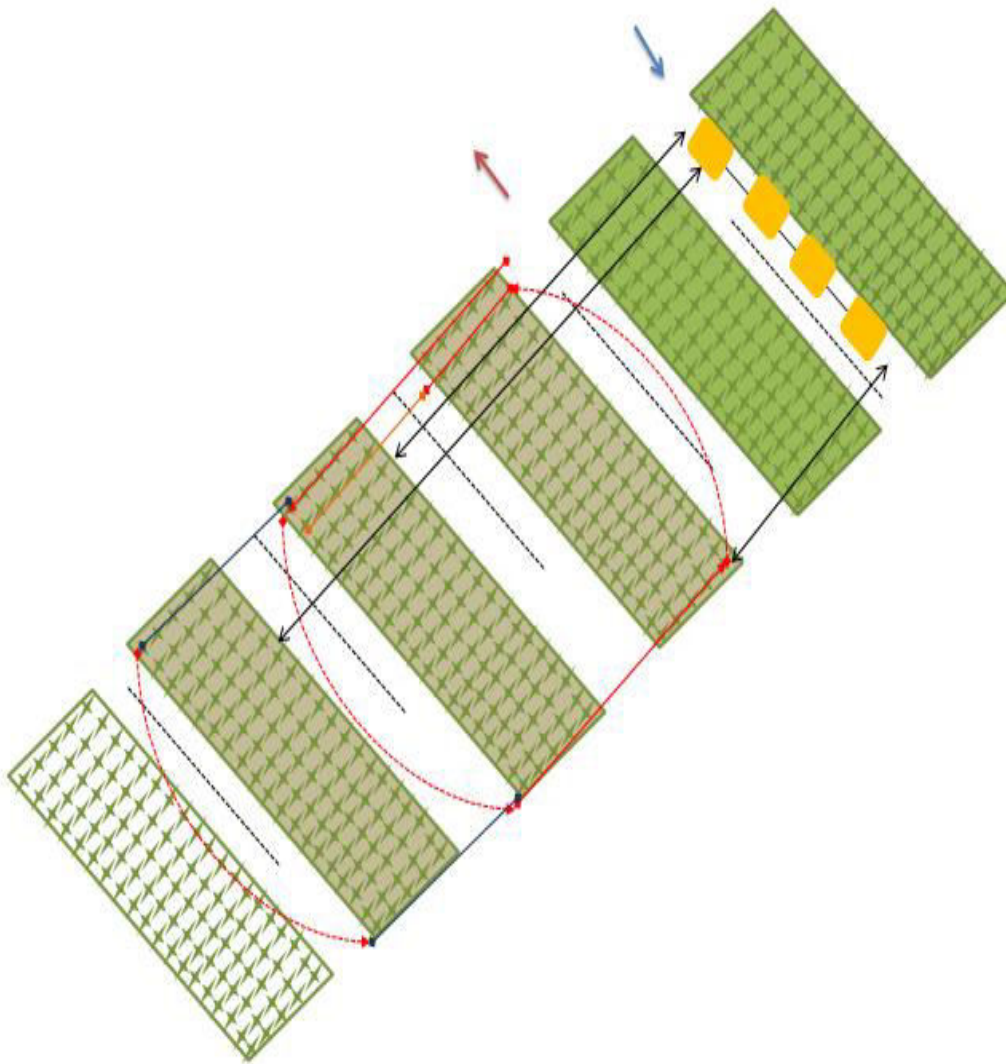
### 2.3.12. Sistema optimizado de abastecimiento

El acoplamiento de la flotilla (conjunto de transbordo doble) permitirá cambiar el actual método de cosecha mecanizado, presentará distintos recorridos del conjunto de transbordo doble con la modificación en sus movimientos de cosecha, es decir el cambio de “Face to Face” a “Melga” o “O”.



*Figura N°32: Conjunto de transbordo doble, Fuente: División Cosecha/ C.Mecanizada*

En la siguiente figura se observa, identifican y plasman los distintos recorridos que realiza la maquinaria de cosecha (utilizando el conjunto de transbordo doble) para culminar el nuevo ciclo de abastecimiento hacia zona de trasiego.



*Figura N°33: Recorridos de método propuesto del conjunto de transbordo doble (quemado y verde), Fuente:*

Elaboración Propia



Figura N° 34: Leyenda de recorrido propuesto (quemado y verde), Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se detalla la cantidad de recorridos que realiza el conjunto de transbordo doble hacia la zona de trasiego para abastecer de la materia prima, así como el promedio por método actual de cosecha, es decir el movimiento “Melga”.

Tabla 12.

**Detalle escenarios de recorrido del transbordo doble**

Actividad	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Promedio
<b>Nº Surcos</b>	05	06	06	5.6
<b>Llenado de MP</b>	713.5 m	823.5 m	742.5 m	760.0 m
<b>Trasiego con MP</b>	244.0 m	362.0 m	126.0 m	244.0 m
<b>Retorno vacío</b>	244.0 m	362.0 m	362.0 m	244.0 m
<b>Total</b>	<b>1201.5 m</b>	<b>1547.5 m</b>	<b>994.5 m</b>	<b>1247.0 m</b>

Identificados el promedio en recorridos que realiza la maquinaria de cosecha por el uso del conjunto de transbordo doble del modificado sistema de abastecimiento, se puede medir y obtener el nuevo ciclo total de abastecimiento mediante la aplicación de un estudio de tiempos y movimientos.

Así como se realizó el estudio de tiempos con transbordo simple, es importante mencionar que para la toma de tiempos con el conjunto de transbordo doble, las condiciones de evaluación en el ciclo son las siguientes:

- Llenado con promedio de 03 a 06 surcos de caña de azúcar quemada o verde
- Rendimientos promedio en campo aproximados a los 105 TCH
- Método propuesto en melga o movimiento en “o” que permite dar trochas de 0.85 a 1.00 ha por máquina cosechadora disponible en campo. (Ver anexo nº2)

La aplicación del estudio de tiempos y movimientos al sistema optimizado de abastecimiento permite obtener el nuevo ciclo, y este desarrollar los indicadores propuestos (valores metas) reflejando la reducción de los costos y el incremento de la productividad del sistema mecanizado de cosecha.

En la Tabla 13 se muestra el ciclo de abastecimiento del sistema optimizado, el cual es de 46.78 minutos (0.78 hrs) con un recorrido promedio del conjunto de transbordo doble hacia la zona de trasiego de 244 metros y con un costo actual de tonelada de caña bruta de S/. 17.02.

**Tabla 13.**

***Resumen ciclo de abastecimiento mejorado - Quemado***

Descripción	Datos	UM
Conjunto de transbordo	Doble	unid
Tiempo promedio de llenado	13.16	min
Tiempo promedio de retorno	10.23	min
Tiempo promedio en giros	0.94	min
Distancia promedio a trasiego	244.0	m
Cantidad de viajes	02	unid
Tiempo promedio parcial de abast.	23.39	min
Toneladas promedio por viaje	18	tn
Costo TCB (config. tetra)	17.02	S/TCB
<b>Ciclo promedio de abastecimiento</b>	<b>46.78</b>	<b>min</b>

*Nota:* El ciclo de 46.78 min es el tiempo de abastecimiento a la unidad de canasta cañera, la que conforma parte de la configuración tetra ubicada en la zona de trasiego. Se tiene en cuenta que para llenar cada canasta cañera se necesitan 04 autovoltos (transbordos dobles), es decir 02 viajes hacia la zona de trasiego.

En la Tabla 14 se muestra el ciclo de abastecimiento del sistema optimizado, el cual es de 57.28 minutos (0.95 hrs) con un recorrido promedio del conjunto de transbordo doble hacia la zona de trasiego de 244 metros y con un costo actual de tonelada de caña bruta de S/. 12.50.

**Tabla 14.**

***Resumen ciclo de abastecimiento mejorado - Verde***

Descripción	Datos	UM
Conjunto de transbordo	Doble	unid
Tiempo promedio de carga	18.93	min
Tiempo promedio de retorno	9.71	min
Tiempo promedio en giros	0.90	min
Distancia promedio a trasiego	244	m
Cantidad de viajes	02	unid
Tiempo promedio parcial de abast.	28.64	min
Toneladas promedio por viaje	18	tn
Costo TCB (config. tetra)	12.50	S/TCB
<b>Ciclo promedio de abastecimiento</b>	<b>57.28</b>	<b>min</b>

*Nota:* El ciclo de 57.28 min es el tiempo de abastecimiento a la unidad de canasta cañera, la que conforma parte de la configuración tetra ubicada en la zona de trasiego. Se tiene en cuenta que para llenar cada canasta cañera se necesitan 04 autovoltos (transbordos dobles), es decir 02 viajes hacia la zona de trasiego.



### 2.3.13. Inversión de la propuesta

Para lograr proponer las mejoras del diagnóstico del sistema actual de cosecha mecanizada de caña de azúcar, se elaboró un presupuesto en la que incluye contrato de nuevo personal, compra de más implementos de cosecha, así como capacitaciones para los involucrados en el sistema.

**Tabla 15.**

***Contrato de nuevo personal de cosecha mecanizada***

Personal extra	Cantidad	Total (mes)	Total (año)
Supervisores de turno	02	S/. 3.600,00	S/. 43.200,00

*Fuente:* Elaboración Propia

**Tabla 16.**

***Capacitación del nuevo sistema de cosecha mecanizada***

Personal a capacitar	Costo (mes)	Cantidad	Período Total	Costo (anual)
Supervisores de cosecha (02 turnos)	S/. 500.00	08	12 meses	S/. 48.000,00
Supervisores de mant. (02 turnos)	S/500.00	02	12 meses	S/.12.000,00
Mecánicos de campo (02 turnos)	S/. 200.00	10	12 meses	S/. 24.000,00
<b>Total de operadores (02 turnos)</b>	<b>S/. 200.00</b>	<b>45</b>	<b>12 meses</b>	<b>S/. 108.000,00</b>

*Fuente:* Elaboración Propia



Al disponer de una nueva distribución de maquinaria o dimensionamiento de la flota por el ahora uso durante la cosecha de autovolteo simple y doble, se espera completar la flotilla de la maquinaria disponible del nuevo sistema con la adquisición de nuevas canastas de autovolteo. (Ver anexo nº 3).

**Tabla 17.**

***Compra de nueva flotilla mecanizada***

Descripción de flotilla	Costo unitario	Cantidad	Costo total
Canastas de autovolteo	S/. 118.560,00	08	S/. 948.480,00

*Fuente:* Elaboración Propia

**Tabla 18.**

***Depreciación de equipo de cosecha mecanizada***

Equipo de cosecha mecanizada	Vida útil	Depreciación anual
Cosechadora CH-570	05 años	S/. 284.169,60
Tractor agrícola MF-7140	05 años	S/. 49.420,80
Canastas de autovolteo	10 años	S/. 11.737,44

*Fuente:* Elaboración Propia

**Tabla 19.**

***Cuadro Resumen***

Descripción	Monto
Inversión total de la propuesta	S/. 1.282.680,00
Depreciación total	S/. 345.327,00
Reinversión 05 años	S/. 1.667.952,00
Reinversión 10 años	S/. 11.737,44

*Fuente:* Elaboración Propia

### **2.3.14. Evaluación económica**

A continuación, se desarrolla el flujo de caja (inversión, egresos vs ingresos) proyectado a 06 años de la propuesta de implementación. Se considera que en el presente año se realiza la inversión y a partir del próximo año ya se perciben los ingresos y egresos de la presente propuesta de mejora. A continuación, se describe los principales requerimientos para los estados financieros.

#### **Ingresos por la propuesta**

Para los ingresos de la propuesta se toma como datos el monto total por cada año de lo que costaría cosechar mecánicamente por sólo usar en el sistema al conjunto de transbordo simple, es decir la situación actual. (Ver anexo nº4).

#### **Egresos por la propuesta (costos operativos)**

Para los egresos de la propuesta se toma como datos el monto total por cada año de lo que costaría cosechar al usar en el sistema el transbordo simple y doble, es decir la situación propuesta. También se tiene la depreciación de equipos, los intereses así como la inversión de la propuesta de mejora. (Ver anexo nº5).

#### **Costo de oportunidad**

El costo de oportunidad o COK es del 20% normalmente utilizado en las evaluaciones financieras en la empresa Casa Grande S.A.A para un esperado retorno.

#### **Horizonte de evaluación**

El horizonte de evaluación para la presente propuesta es para un período de 06 años, tal y como se realizó los pronósticos de cosecha. (Ver anexo nº6)

**Tabla 20.**

***Inversión y costo de oportunidad***

<b>Inversión</b>	<b>S/. 1.282.680,00</b>
<b>COK</b>	<b>20%</b>

ESTADO DE RESULTADOS							
Año	0	1	2	3	4	5	6
<b>Ingresos</b>		S/. 5.003.560,42	S/. 5.175.372,58	S/. 5.321.193,79	S/. 5.467.015,00	S/. 5.612.836,20	S/. 5.758.657,41
<b>Costos operativos</b>		S/. 3.638.101,66	S/. 3.763.026,73	S/. 3.869.053,70	S/. 3.975.080,68	S/. 4.081.107,65	S/. 4.187.134,63
<b>Depreciación</b>		S/. 345.327,84	S/. 345.327,84	S/. 345.327,84	S/. 345.327,84	S/. 345.327,84	S/. 345.327,84
<b>Gastos variables</b>							
<b>Utilidad bruta</b>		S/. 1.020.130,92	S/. 1.067.018,02	S/. 1.106.812,25	S/. 1.146.606,48	S/. 1.186.400,71	S/. 1.226.194,94
<b>Impuestos 30%</b>							
<b>Utilidad neta</b>		<b>S/. 1.020.130,92</b>	<b>S/. 1.067.018,02</b>	<b>S/. 1.106.812,25</b>	<b>S/. 1.146.606,48</b>	<b>S/. 1.186.400,71</b>	<b>S/. 1.226.194,94</b>

Fuente: Elaboración Propia

FLUJO DE CAJA							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Utilidad neta		S/. 1.020.130,92	S/. 1.067.018,02	S/. 1.106.812,25	S/. 1.146.606,48	S/. 1.186.400,71	S/. 1.226.194,94
Depreciación		S/. 345.327,84	S/. 345.327,84	S/. 345.327,84	S/. 345.327,84	S/. 345.327,84	S/. 345.327,84
Inversión	-S/. 1.282.680,00				S/. 1.667.952,00		
Flujo	<b>-S/. 1.282.680,00</b>	<b>S/. 1.365.458,76</b>	<b>S/. 1.412.345,86</b>	<b>S/. 1.452.140,09</b>	<b>-S/. 176.017,68</b>	<b>S/. 1.531.728,55</b>	<b>S/. 1.571.522,78</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar la rentabilidad de la propuesta se trabajaron los indicadores económicos VAN, TIR y B/C, seleccionando la tasa de interés o COK del 20% por cada año de horizonte de evaluación. A continuación se muestran los primeros 02 indicadores económicos.

**VAN:** S/. 2.733.338, 96

**TIR:** 99.66%

Los resultados de los 02 primeros indicadores económicos previamente mencionados nos muestra que se tiene un valor actual neto en ahorro al día de hoy de S/. 2.733.338,96 con una tasa interna de retorno elevado (TIR) del 99.66%, esto debido a que la se está realizando sólo a la implementación del nuevo sistema , así como un período de recuperación de la inversión en el primer año.

COSTO BENEFICIO							
Año	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		S/. 5.003.560,42	S/. 5.175.372,58	S/. 5.321.193,79	S/. 5.467.015,00	S/. 5.612.836,20	S/. 5.758.657,41
Egresos		S/. 3.638.101,66	S/. 3.763.026,73	S/. 3.869.053,70	S/. 3.975.080,68	S/. 4.081.107,65	S/. 4.187.134,63

**VAN INGRESOS:** S/. 16.381.077,53

**VAN EGRESOS:** S/. 11.560.683,57

**B/C:** 1.42

El valor actual del B/C es de 1.42 lo que significa que utilizando el nuevo sistema optimizado de abastecimiento, se ahorra 0.42 centavos por tonelada cosechada mecánicamente en la División de Cosecha de la empresa Casa Grande S.A.A.

## **CAPÍTULO III.**

# **RESULTADOS**

### 3.1. Resultado de indicadores

#### 3.1.1. Tiempo del ciclo de abastecimiento de MP

El tiempo del ciclo de abastecimiento del sistema actual de cosecha mecanizada reduce después de aplicar la herramienta de mejora. A continuación, en la Tabla 24 se detalla el tiempo en minutos para ambos tipos de cosecha.

**Tabla 21.**

***Comparativo del ciclo de abastecimiento***

<b>Cosecha Mecanizada</b>	<b>Tiempo Actual (min)</b>	<b>Tiempo Mejorado (min)</b>
<b>Quemada</b>	71.48	46.78
<b>Verde</b>	88.16	57.28

### 3.1.2. Tiempo en giros

El tiempo en giros del sistema actual de cosecha mecanizada reduce después de aplicar la herramienta de mejora y cambiar el sentido de cosecha a un nuevo método. A continuación, en la Tabla 25 se detallan los métodos y tiempo en minutos para ambos tipos de cosecha.

**Tabla 22.**

***Comparativo del tiempo en movimientos y giros***

<b>Cosecha Mecanizada</b>	<b>Método de giro</b>	<b>Tiempo actual (min)</b>	<b>Método Nuevo de giro</b>	<b>Tiempo mejorado (min)</b>
<b>Quemada</b>	Face to face	1.15	Melga u “O”	0.94
<b>Verde</b>	Face to face	1.25	Melga u “O”	0.90



### 3.1.3. Números de viajes a zona de trasiego

La cantidad de números de viajes del conjunto de transbordo hacia la zona de trasiego del abastecimiento actual de la cosecha de la materia prima reduce después de aplicar la herramienta de mejora.

A continuación, en la Tabla 26 se detalla la necesidad de viajes para abastecer a la canasta cañera ubicada en la zona de trasiego al utilizar el nuevo sistema de cosecha mecanizado.

**Tabla 23.**

***Comparativo del número de viajes a trasiego***

Transbordo	Viajes
Simple	04
Doble	02

### 3.1.4. Productividad de cosechadora de caña

Para determinar el aumento de la productividad de la cosechadora de caña se realizó una prueba piloto del total de envío de materia prima por ambos sistemas de cosecha, es decir del sistema actual y el sistema optimizado. (Ver anexo nº6)

Es importante mencionar que el valor porcentual (%) es el incremento a la productividad actual, considerando terminar el año con las mismas horas motor promedio que trabajan las cosechadoras de caña, es decir las 11.99 HMQ y 10,11 HMV. (Ver anexo nº7)

A continuación, en la Tabla 28 se detallan las productividades mejoradas por cada tipo de cosecha mecanizada.

**Tabla 24.**

***Productividad promedio mejorada de cosechadora de caña***

Cosecha Mecanizada	P. actual (tn/hr)	P. mejorada (tn/hr)
Quemada	51.29	55.46
Verde	30.04	31.10

### 3.1.5. Cuota de cosecha mecanizada (quemada y verde)

Para determinar el incremento de cumplimiento en la cuota, se tiene en cuenta la variabilidad en el envío de la materia prima (%) en el sistema optimizado de cosecha, este incremento es del 7.26%. (Ver anexo nº8)

A continuación, en la Tabla 27 se detallan el incremento en la cuota por sistema de cosecha mecanizada de caña de azúcar.

**Tabla 25.**

***Comparativo en la cuota de cosecha mecanizada de caña***

Sistema de cosecha	Cosecha	Incremento
S. Actual	Quemada y	80.12%
S. Optimizado	Verde	85.94%

# **CAPÍTULO IV.**

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

## 4.1 Discusión

### 4.1.1 Discusión por causa raíz

#### CR7: Falta de nuevos métodos de cosecha

Para esta causa raíz se tienen los siguientes valores medibles y discutibles:

El valor actual del indicador del **ciclo de abastecimiento** del 100%, proponiéndose en la matriz de indicadores el valor meta del 30%; con la herramienta de mejora propuesta se logró los valores reales de reducción del 34.56% para la cosecha en quemado y 35.03% para la cosecha en verde, respectivamente.

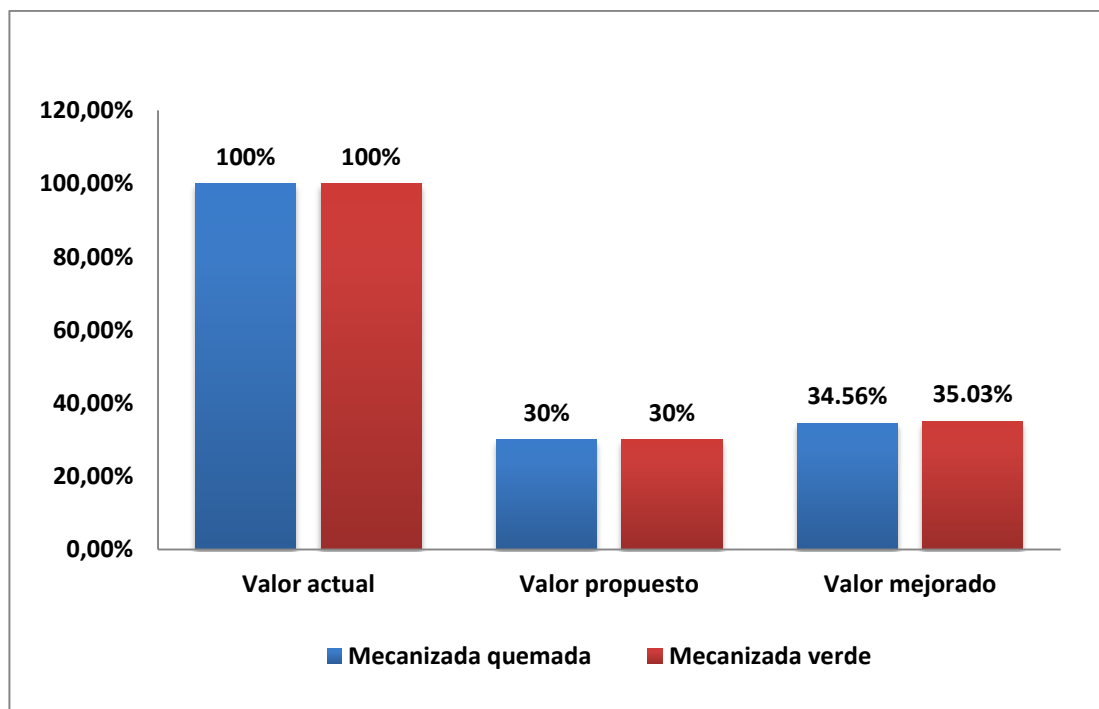


Figura N° 35: Reducción del tiempo del ciclo de abastecimiento, Fuente: Elaboración Propia

El valor actual del indicador **número de viajes** hacia la zona de trasiego es del 100%, proponiéndose reducir a un 50% y logrando finalmente una reducción del 50% después de aplicar la herramienta de mejora.

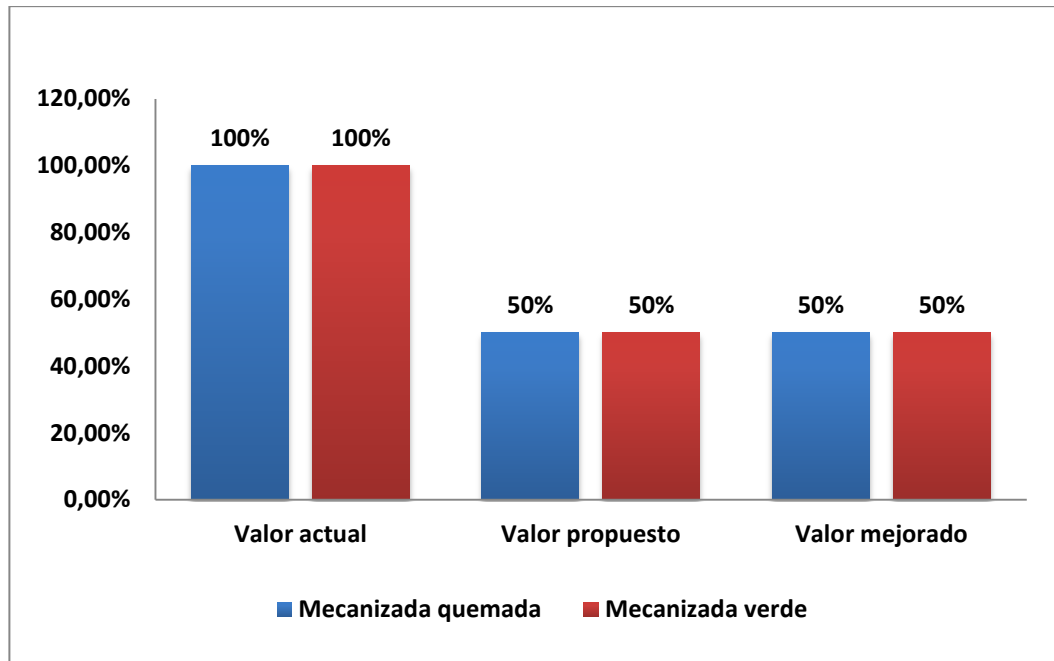


Figura N° 36: Reducción del número de viajes a trasiego, Fuente: Elaboración Propia

El valor actual del indicador **tiempo en giros** o método face to face es del 100%, después de aplicar la herramienta y permitiendo cambiar el método de cosecha, se propone reducir a un valor meta del 25%; pero se logró obtener los valores reales del 18.26% para la cosecha quemada y 28.00% para la cosecha en verde, respectivamente.

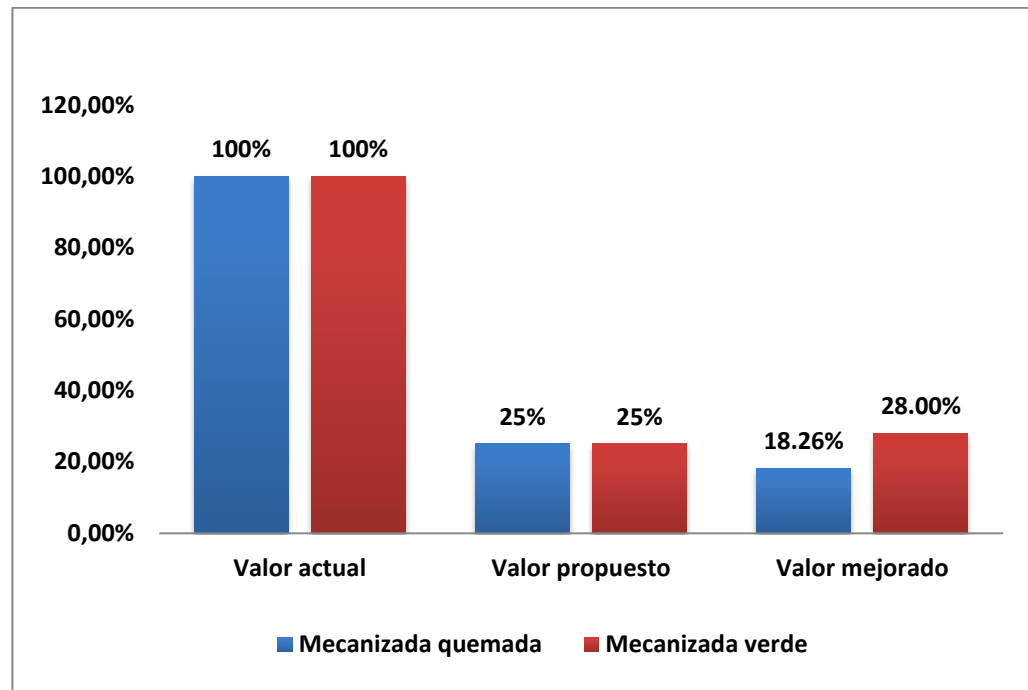


Figura N° 37: Reducción del tiempo en movimientos y giros, Fuente: Elaboración Propia

#### CR6: Falta de fluidez en la cosecha

Para esta causa raíz se tiene los siguientes valores medibles y discutibles:

**La productividad de la cosechadora de caña** en la cosecha mecanizada quemada tiene un valor actual de 51.29 Tn/hr y para la cosecha mecanizada verde un valor actual de 30.04 Tn/hr por

Se propone incrementar la productividad en un 10% para ambos tipos de cosecha, con la herramienta de mejora se logró los valores de 55.46 Tn/hr y 31.10 Tn/hr, respectivamente.

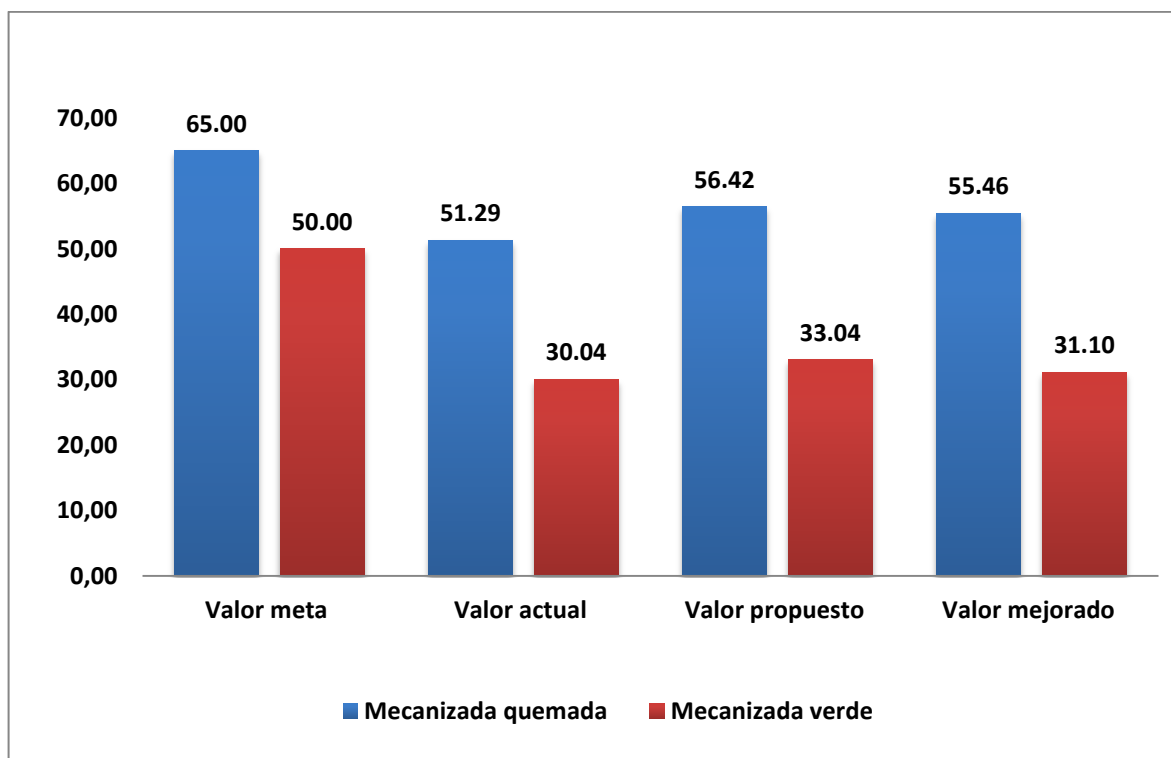


Figura N° 38: Aumento de la productividad de cosechadora de caña, Fuente: Elaboración Propia



### CR1: Existe incumplimiento en la cosecha mecanizada

Para esta causa raíz se tiene el siguiente indicador medible y discutible:

Actualmente la **cuota de cosecha mecanizada** tiene un valor actual del 80.12%, proponiendo un valor meta del 95.00%, con la herramienta se logró un valor del 85.94% de cumplimiento de cosecha.

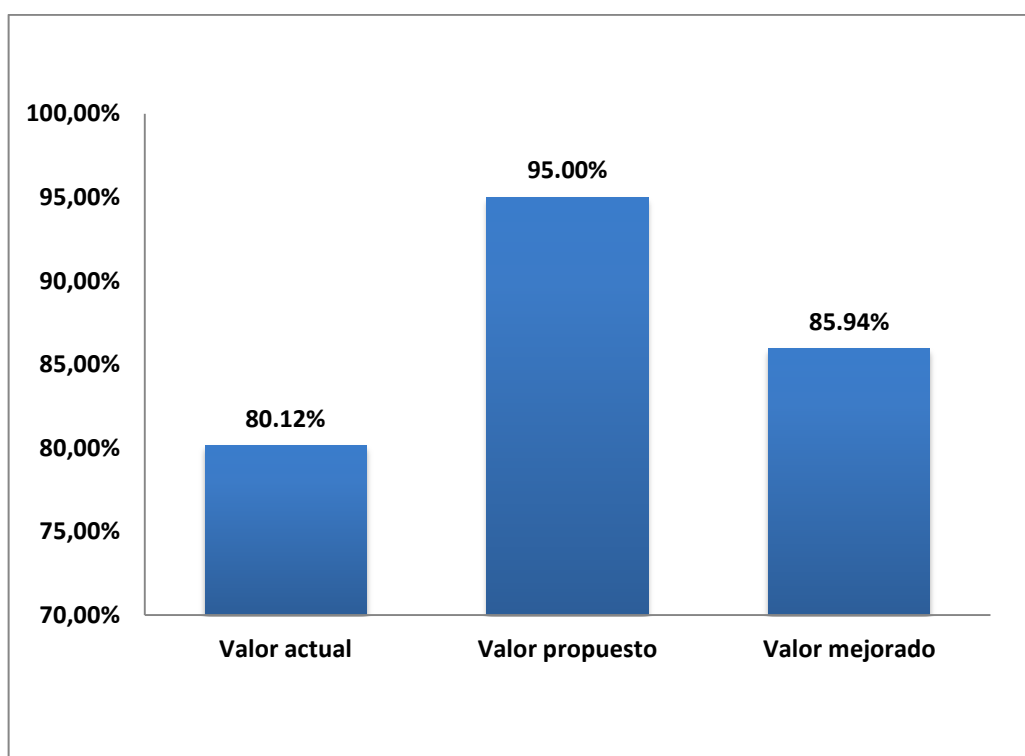
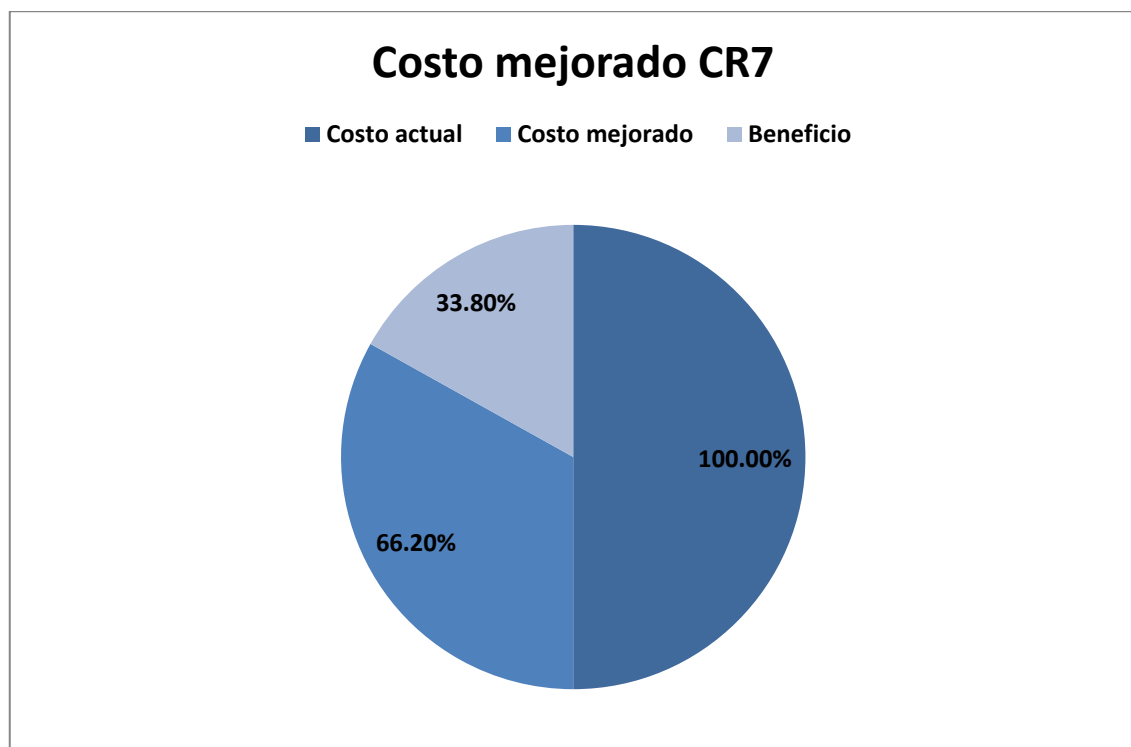


Figura N° 39: Aumento en la cuota cosecha mecanizada, Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2. Costos por causa raíz

##### CR7: Falta de nuevos métodos de cosecha

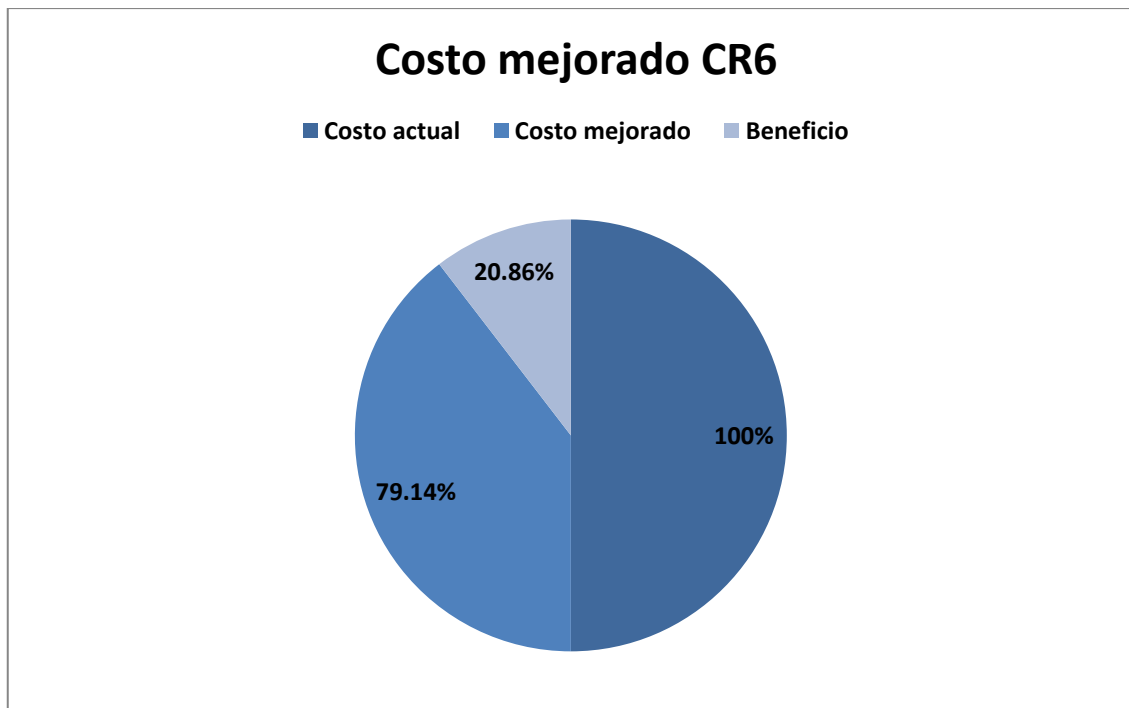
El costo actual de esta causa raíz es de S/.234.576,00 lo que representa el 100%, después de aplicar la herramienta de mejora el costo reduce a S/.155.289,60 representado por el 66.20%, obteniendo un beneficio del 33.80%, es decir de S/. 79.286,40.



*Fuente:* Elaboración Propia

### CR6: Productividad de cosechadora de caña

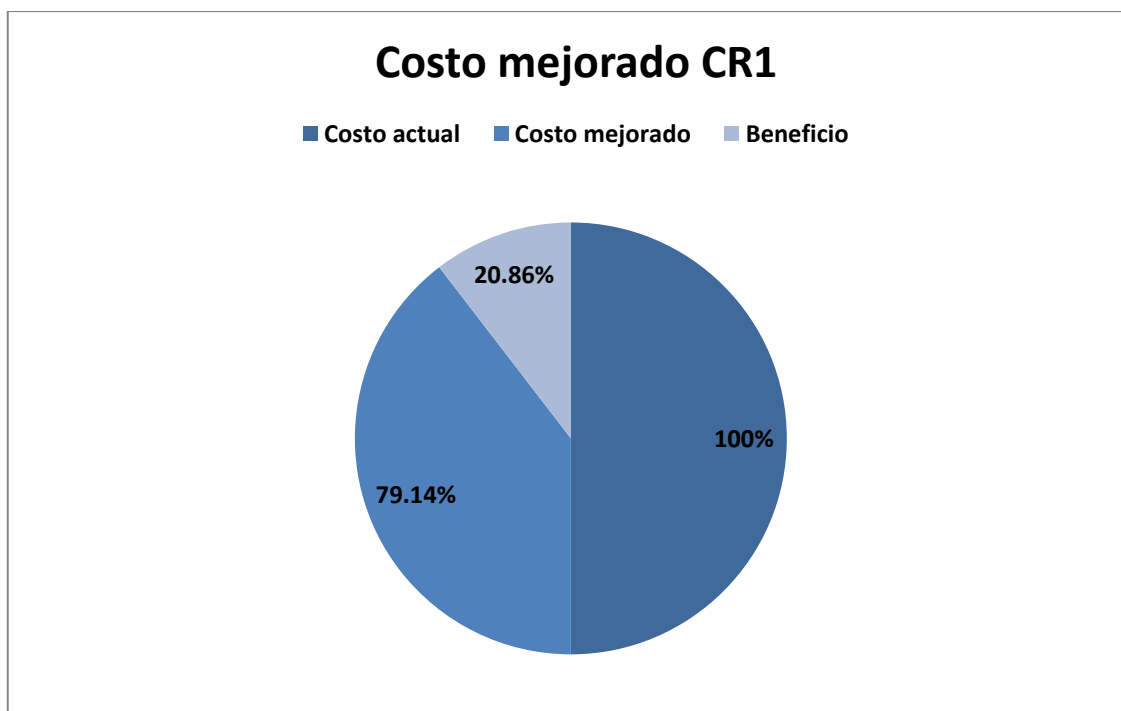
El costo actual de esta causa raíz es de S/.63.667,37 lo que representa el 100%, después de aplicar la herramienta de mejora el costo reduce a S/.50.386,75 representado por el 79.14%, obteniendo un beneficio del 20.86%, es decir de S/.13.280,62.



*Fuente:* Elaboración Propia

### CR1: Existe incumplimiento en la cosecha mecanizada

El costo actual de esta causa raíz es de S/.587.202,38 lo que representa el 100%, después de aplicar la herramienta de mejora el costo reduce a S/.547.433,29 representado por el 93.23%, obteniendo un beneficio del 6.77%, es decir de S/.39.769,10.



*Fuente:* Elaboración Propia

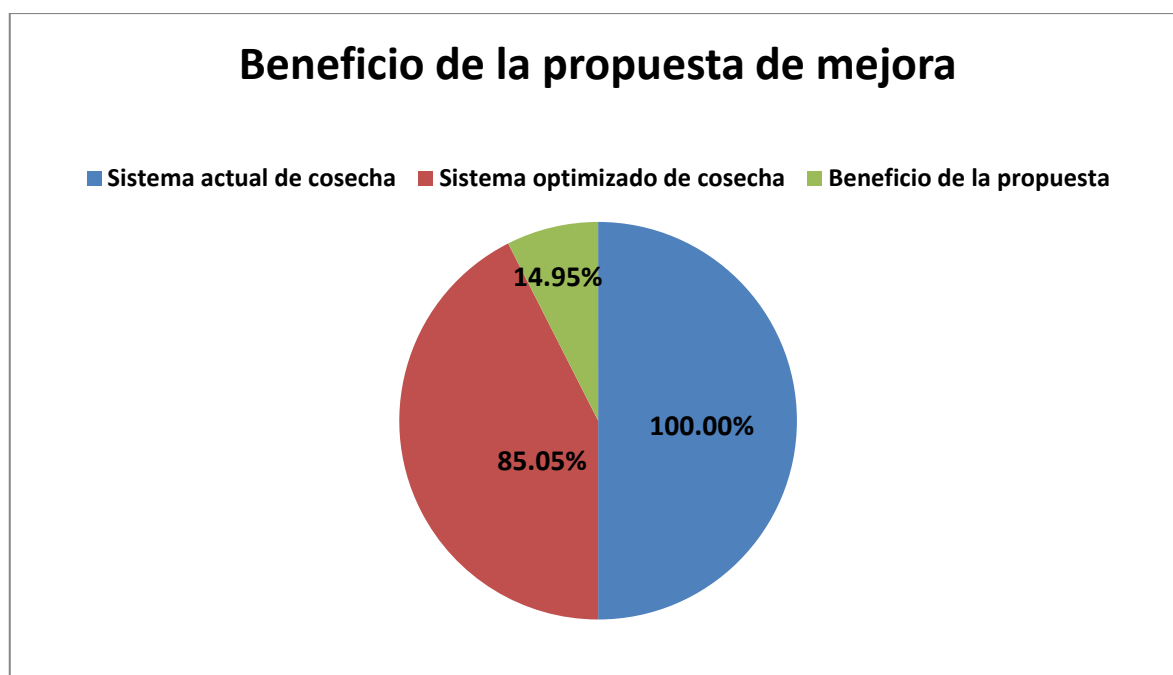
#### 4.1.3. Beneficio de la propuesta

En la Tabla 24 se detalla el costo total del sistema actual de abastecimiento (antes) y el costo mejorado del sistema optimizado de abastecimiento (después); y el beneficio anual del 14.95%, es decir un valor monetario de **S/. 132.336,12**.

**Tabla 26.**

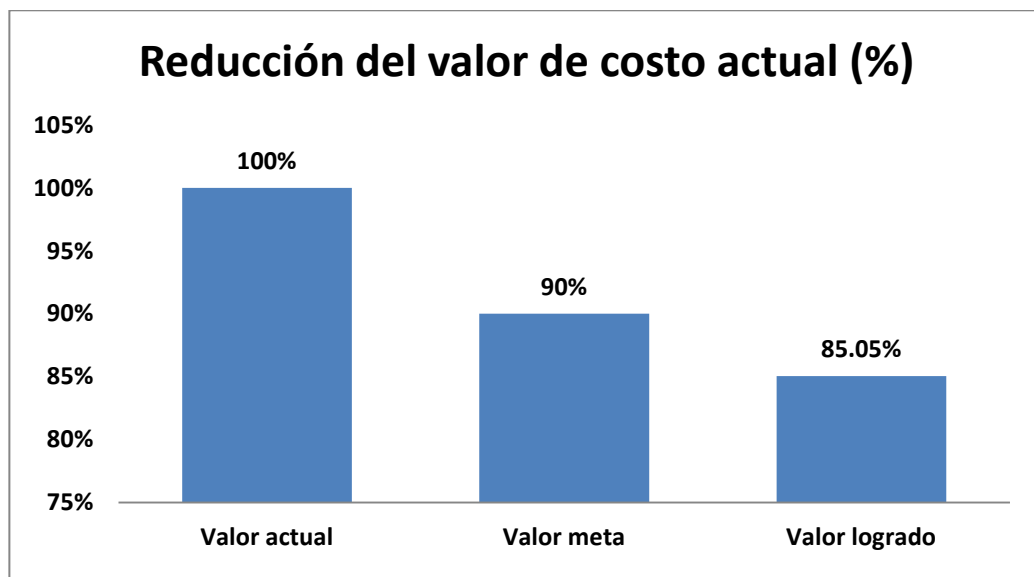
***Costos antes y después del sistema de abastecimiento.***

Tipo de sistema	Monto (S/.)	Participación (%)
Sistema actual de abastecimiento	S/. 885.445,75	100.00%
Sistema optimizado de abastecimiento	S/. 753.109,63	85.05%
Beneficio de la propuesta	S/. 132.336,12	14.95%



*Fuente:* Elaboración Propia

En la siguiente figura se tiene el 100% de costo del sistema actual de cosecha, se propone una reducción a 90.00%, con el sistema optimizado de cosecha se logra una reducción del 85.05%, lo que representa un valor monetario del **S/. 753.109,63**.



*Fuente:* Elaboración Propia

## 4.2. Conclusiones

- La propuesta de un diseño de sistema optimizado de abastecimiento incrementa la productividad en el sistema de abastecimiento de caña de azúcar (quemada y verde) en la División de cosecha de la empresa Casa Grande S.A.A.
- Son 03 las causas raíces que generan el costo total perdido en el sistema actual de abastecimiento en la división de cosecha de la empresa Casa Grande S.A.A.
- Con la propuesta del diseño optimizado de abastecimiento se obtiene un costo mejorado de S/.753.109,63 con un beneficio anual del S/. 132.336,12.
- Se evaluó la propuesta de mejora a través de los indicadores económicos VAN, TIR y B/C obteniendo los valores de S/.2.733.338,96; 99.66% y 1.42, respectivamente.

Estos valores finalmente concluyen que la propuesta es factible y rentable para la División de Cosecha en la empresa Casa Grande S.A.A

- El presente trabajo puede ser utilizado como referencia para trabajos aplicativos, evaluaciones técnicas, comparativos técnicos o plantilla para cualquier rubro industrial o agroindustrial.

## REFERENCIAS

- Checa, J. (2014). *Propuesta de mejora en el proceso productivo de la línea de confección de polos para incrementar la productividad de la empresa confecciones sol*. Universidad Privada del Norte. Trujillo. Perú.
- Contreras, A. (2016). *“Análisis de serie de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos”*. Universidad ICESI. Puebla. México.
- Escalona, I. (2016). *Ingeniera de métodos: métodos y diseños del trabajo*. El cid editor. Perú.
- García, H. (2016). *Aplicación de mejora de métodos de trabajo en la eficiencia de las operaciones en el área de recepción de una empresa esparraguera*. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.
- Lemus, C. (2012). *Experiencias en la optimización de la cosecha mecanizada de caña de azúcar (saccharum officinarum L.) en el ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, Centroamérica*. Universidad de San Carlos. Guatemala.
- Ortiz H, Salgado S, Castelán M, Córdova S. (2012). *Perspectivas de la cosecha de caña de azúcar cruda en México*. México.
- Palacios, L. (2016). *Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos (2ª. Ed.)*. Ecoe Ediciones. Perú.



- Posada, V. (2014). *Estudio de métodos y tiempos para mejorar la producción en el sistema de cosecha de un ingenio azucarero*. Universidad Pontificia Bolivariana. Palmira. Bolivia.
- Saldaña, P. (2017). *Rediseño de procesos para incrementar la productividad en el área de etiquetado de una empresa agroindustrial*. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Tejada, R. (2018). *Informe de Clasificación*. Equilibrium Clasificadora de Riesgos. Lima. Perú.
- Valle, R. (2015). *Particularidades bioecológicas de mahanarva andigena (jacobi) como base para el manejo con metarhizium anisopliae (metschnikoff) sorokin en la caña de azúcar saccharum spp. híbrido en Pastaza, Ecuador*. Editorial Universitaria. Cuba.
- Villagarcia, S. (2015). *Indicadores de productividad y calidad*. Pontificia Universidad Católica. Perú.
- Vásquez, D. (2016). *Diferencia entre la cadena de valor y la cadena de suministros, para genera una ventana competitiva*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León. México.

## ANEXOS

ANEXO N° 1: Toma de tiempos del ciclo de abastecimiento del sistema actual de cosecha mecanizada de caña de azúcar.

ESTUDIO DE TIEMPO Y MOVIMIENTOS																					
CasaGrande																					
COSECHADORA:		CH - N° 575 / N° 576 / N° 577					DISTANCIA A TRAZIEGO:		300 m					MÉTODO DE CARGUÍO: FACE TO FACE							
CAMPO:		VARIOS					SURCO:		DE 03 A 04					PROCESO: AUTOVOLTEO SIMPLE							
TRACTOR:		MF7140 - N° 765/766/770					TURNO:		DÍA					TCH PROMEDIO : 100-110							
CANASTA AUTO:		FAMECA/CAMECO (N° 968 - 969 - 520)					TIPO:		COSECHA MECANIZADA (QUEMADO/VERDE)					TROCHA DE COSECHA : ENTRE 0.70 A 0.85 HAS							
DESCRIPCIÓN DE PROCESO		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
		TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO	TIEMPO
1. Cosechadora abasteciendo a canasta de autovolteo (Tiempo de Carga)		8,99	17,26	7,91	9,33	7,87	8,31	9,20	8,40	9,70	10,52	8,17	8,67	8,23	6,40	7,71	11,32	13,93	9,35	6,03	7,37
Llenado 1		4,00	6,88	1,57	3,30	3,30	4,01	3,80	4,35	4,25	3,43	3,35	4,02	3,86	2,80	3,25	4,45	4,58	3,30	1,76	2,22
Giro 1		1,08	1,87	3,12	0,95	1,07	1,10	1,35	0,65	0,70	1,09	1,02	0,97	1,09	1,00	2,12	1,50	1,78	1,65	1,02	0,90
Llenado 2		1,72	5,82	0,62	3,43	3,50	3,20	4,05	2,25	2,95	2,80	1,75	2,00	1,66	0,76	1,09	3,22	3,46	1,20	1,68	3,00
Giro 2		1,05	1,65	2,00	0,80	-	-	-	0,65	1,08	1,25	0,95	1,03	0,70	0,82	0,65	1,04	1,39	0,70	0,85	0,65
Llenado 3		1,14	1,04	0,60	0,85	-	-	-	0,50	0,72	1,95	1,10	0,65	0,92	1,02	0,60	1,11	1,10	0,88	0,72	0,60
Giro 3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	0,95	-	-
Llenado 4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,82	0,67	-	-
Giro 4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Llenado 5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Giro 5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Tractor con autovolteo lleno hacia zona de trasiego (Traslado con Carga)		3,42	4,22	1,87	2,40	1,45	1,30	1,43	3,32	2,22	3,00	2,98	3,12	2,78	3,00	3,05	2,56	2,98	1,20	2,18	2,10
Tiempo de desplazamiento (min)		3,42	4,22	1,87	2,40	1,45	1,30	1,43	3,32	2,22	3,00	2,98	3,12	2,78	3,00	3,05	2,56	2,98	1,20	2,18	2,10
3. Abastecimiento en la zona de trasiego (Traslado con Carga)		2,12	2,40	1,47	1,42	1,80	1,85	1,80	2,09	1,55	1,46	2,08	1,99	1,37	2,01	2,25	1,48	1,35	1,33	2,00	1,92
Tiempo de Descargue 1° Autovolteo (min)		2,12	2,40	1,47	1,42	1,80	1,85	1,80	2,09	1,55	1,46	2,08	1,99	1,37	2,01	2,25	1,48	1,35	1,33	2,00	1,92
Tiempo de 1° autovolteo a 2° autovolteo (min)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tiempo de Descargue 2° Autovolteo (min)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Retorno del transbordo (Traslado sin Carga)		4,40	6,95	4,05	3,68	2,05	1,92	1,85	3,86	3,12	6,00	3,45	3,33	4,00	5,50	3,87	2,96	5,56	4,34	3,32	3,22
Tiempo desde zona de trasiego hacia punto de cosechadora		4,40	6,95	4,05	3,68	2,05	1,92	1,85	3,86	3,12	6,00	3,45	3,33	4,00	5,50	3,87	2,96	5,56	3,05	3,32	3,22
5. Otro Tiempo:				2,30	1,90				0,70	1,88	1,65									2,50	
Esperando cargue 2º transbordo simple		-	-	2,30	1,90	-	-	-	0,70	1,88	1,65	-	-	-	-	-	-	-	-	2,50	
TIEMPO TOTAL DE RETORNO HACIA COSECHADORA		9,94	13,57	9,69	7,50	5,30	5,07	5,08	9,97	8,77	12,11	8,51	8,44	8,15	10,51	9,17	7,00	9,89	6,87	10,00	7,24
TIEMPO TOTAL DEL CICLO DE ABASTECIMIENTO		18,93	30,83	17,60	16,83	13,17	13,38	14,28	18,37	18,47	22,63	16,68	17,11	16,38	16,91	16,88	18,32	23,82	16,22	16,03	14,61
COMENTARIOS:																					
EVALUADOR:		GUILIO ABEL VILELA CÓRDOVA SUPERVISOR CORTE MECANIZADO - CG																			

ANEXO N° 2: Toma de tiempos del ciclo de abastecimiento del sistema optimizado de cosecha mecanizada de caña de azúcar.

CasaGrande

ESTUDIO DE TIEMPO Y MOVIMIENTOS

COSECHADORA:

CAMPO:

TRACTOR:

CANASTA AUTO:

CH - Nº 575 / Nº 578 / Nº 577

VARIOS

MF7140 - Nº 767/766/770

FAMECA/CAMECO (Nº 968-969/520-522)

DISTANCIA A TRAZIEGO:

SURCO:

TURNO:

TIPO:

244 m

DE 04 A 06

DÍA

COSECHA MECANIZADA (QUEMADO/VERDE)

MÉTODO DE CARGUÍO: MELGA

PROCESO: AUTOVOLTEO DOBLE

TCH PROMEDIO : 100-110

TROCHA DE COSECHA : ENTRE 0.85 A 1.00 HAS

DESCRIPCIÓN DE PROCESO	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20
1. Cosechadora abasteciendo a canasta de autovolteo (Tiempo de Carga)	TIEMPO 12,41	TIEMPO 13,84	TIEMPO 12,40	TIEMPO 12,75	TIEMPO 10,22	TIEMPO 11,29	TIEMPO 13,36	TIEMPO 12,52	TIEMPO 11,31	TIEMPO 12,05	TIEMPO 11,92	TIEMPO 11,28	TIEMPO 13,34	TIEMPO 16,89	TIEMPO 15,85	TIEMPO 16,62	TIEMPO 14,21	TIEMPO 15,11	TIEMPO 13,80	TIEMPO 12,10
Llenado 1	2,00	2,55	1,60	2,22	2,01	2,65	2,40	2,07	1,70	2,12	2,00	2,55	2,24	2,70	2,65	2,10	2,66	2,80	2,57	2,75
Giro 1	0,67	1,10	1,02	0,76	1,00	1,10	0,68	1,10	1,00	1,07	0,78	1,00	0,78	1,10	0,96	1,13	0,78	1,11	1,09	1,20
Llenado 2	2,45	3,28	2,72	2,98	1,80	2,00	2,00	2,30	1,85	2,90	2,75	1,95	2,00	2,50	2,22	2,90	2,00	2,60	3,33	1,98
Giro 2	0,77	1,13	1,02	0,81	0,56	0,96	0,73	1,09	0,98	0,91	0,78	0,66	0,78	1,09	1,18	1,15	0,80	1,15	1,17	0,96
Llenado 3	2,92	2,70	2,55	2,64	1,95	1,85	2,35	2,67	2,01	2,11	2,01	1,78	2,30	2,60	2,30	2,76	2,22	1,99	2,50	2,40
Giro 3	0,77	1,13	1,02	0,92	0,70	0,96	0,73	1,02	0,97	1,02	0,80	0,90	0,80	1,09	1,18	1,18	0,80	1,00	1,09	0,86
Llenado 4	2,83	1,95	2,47	2,42	2,20	1,77	1,90	2,27	2,80	1,92	2,80	2,44	2,00	2,71	2,09	2,80	1,95	1,80	2,05	1,95
Giro 4	-	-	-	-	-	-	0,65	-	-	-	-	-	0,55	1,10	1,18	1,10	0,77	1,00	-	-
Llenado 5	-	-	-	-	-	-	1,92	-	-	-	-	-	1,89	2,00	2,09	1,50	2,23	1,66	-	-
2. Tractor con autovolteo lleno hacia zona de trasiego (Traslado con Carga)	4,50	1,80	3,47	3,82	2,25	2,55	1,90	3,99	3,33	3,70	1,88	3,90	2,00	3,50	3,44	3,48	3,30	2,67	1,96	2,02
Tiempo de desplazamiento (min)	4,50	1,80	3,47	3,82	2,25	2,55	1,90	3,99	3,33	3,70	1,88	3,90	2,00	3,50	3,44	3,48	3,30	2,67	1,96	2,02
3. Abastecimiento en la zona de trasiego (Traslado con Carga)	2,85	3,09	3,34	3,09	2,90	2,93	3,07	2,83	2,90	3,29	3,20	3,09	3,13	3,44	2,84	2,85	3,25	3,17	3,13	3,33
Tiempo de Descargue 1° Autovolteo (min)	1,30	1,45	1,67	1,42	1,35	1,33	1,25	1,30	1,25	1,60	1,43	1,31	1,40	1,60	1,30	1,30	1,40	1,42	1,33	1,42
Tiempo de 1° autovolteo a 2° autovolteo (min)	0,30	0,42	0,35	0,35	0,25	0,27	0,42	0,31	0,40	0,50	0,38	0,45	0,35	0,39	0,29	0,32	0,45	0,37	0,52	0,50
Tiempo de Descargue 2° Autovolteo (min)	1,25	1,22	1,32	1,32	1,30	1,33	1,40	1,22	1,25	1,19	1,39	1,33	1,38	1,45	1,25	1,23	1,40	1,38	1,28	1,41
4. Retorno del transbordo (Traslado sin Carga)	4,25	3,67	3,32	3,58	3,22	3,20	3,65	4,00	3,45	3,54	3,50	3,89	3,40	3,00	4,05	3,89	4,24	4,22	3,50	3,33
Tiempo desde zona de trasiego hacia punto de cosechadora	4,25	3,67	3,32	3,58	3,22	3,20	3,65	4,00	3,45	3,54	3,50	3,89	3,40	3,00	4,05	3,89	4,24	4,22	3,50	3,33
5. Otro Tiempo:					2,23	2,11	2,19	1,98											1,99	
Esperando cargue 2º transbordo simple	-	-	-	-	2,23	2,11	2,19	1,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,99	-
TIEMPO TOTAL DE RETORNO HACIA COSECHADORA	11,60	8,56	10,13	10,49	10,60	10,79	10,81	12,80	9,68	10,53	8,58	10,88	8,53	9,94	10,33	10,22	10,79	10,06	10,58	8,68
TIEMPO TOTAL DEL CICLO DE ABASTECIMIENTO	24,01	22,40	22,53	23,24	20,82	22,08	24,17	25,32	20,99	22,58	20,50	22,16	21,87	26,83	26,18	26,84	25,00	25,17	24,38	20,78

COMENTARIOS:

EVALUADOR:

GUILIO ABEL VILELA CÓRDOVA

SUPERVISOR CORTE MECANIZADO - CG

ANEXO N° 3: Comparativo del ciclo de abastecimiento de la MP de ambos tipos de sistema de cosecha.

S. ACTUAL	Cosecha mecanizada quemada		
	Tiempos promedios		
	Descripción	Datos	UM
	Conjunto de transbordo	Simple	und
	Método	Face to face	-
	Surcos promedio	3.0	und
	TCH promedio	105	has
	Tiempo de carga	9,23	min
	Tiempo de retorno	8,64	min
	Tiempo en giros	1,15	min
	Cantidad de viajes	4	und
	Ciclo de abastecimiento	17,87	min
	Ciclo total	71,48	min

	Cosecha mecanizada verde		
	Tiempos promedios		
	Descripción	Datos	UM
	Conjunto de transbordo	Simple	und
	Método	Face to face	-
	Surcos promedio	3.0	und
	TCH promedio	105	has
	Tiempo de carga	13,43	min
	Tiempo de retorno	8,60	min
	Tiempo en giros	1,25	min
	Cantidad de viajes	4	und
	Ciclo de abastecimiento	22,04	min
	Ciclo total	88,16	min

S. OPTIM	Cosecha mecanizada quemada		
	Tiempos promedios		
	Descripción	Datos	UM
	Conjunto de transbordo	Doble	und
	Método	Melga	-
	Surcos promedio	5.6	und
	TCH promedio	105	has
	Tiempo de carga	13,16	has
	Tiempo de retorno	10,23	min
	Tiempo en giros	0,94	min
	Cantidad de viajes	2	und
	Ciclo de abastecimiento	23,39	min
	Ciclo total mejorado	46,78	min

	Cosecha mecanizada verde		
	Tiempos promedios		
	Descripción	Datos	UM
	Conjunto de transbordo	Doble	und
	Método	Melga	-
	Surcos promedio	6.5	und
	TCH promedio	105	has
	Tiempo de carga	18,93	min
	Tiempo de retorno	9,71	min
	Tiempo en giros	0,90	min
	Cantidad de viajes	2	und
	Ciclo de abastecimiento	28,64	min
	Ciclo total mejorado	57,28	min

ANEXO N° 3: Dimensionamiento de flota mecanizada y disponibilidad (diferencia) de flotilla.

DIMENSIONAMIENTO DE LA FLOTA - QUEMADO	
Cosechadoras	Tractores agrícolas
6	9

DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA EN CAMPO				
Estado	Cosechadora	Tractores	Transbordo	
			Doble	Simple
Operativa	1	2	4	-
Operativa	1	2	4	-
Operativa	1	2	4	-
Operativa	1	1	2	-
Operativa	1	2	-	2
Retén	1	-	-	-
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	
<b>Participación</b>			<b>87,50%</b>	<b>12,50%</b>

DIMENSIONAMIENTO DE LA FLOTA - VERDE	
Cosechadoras	Tractores agrícolas
3	5

DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA EN CAMPO				
Estado	Cosechadora	Tractores	Transbordo	
			Doble	Simple
Operativa	1	2	4	-
Operativa	1	2	-	2
Retén	1	1	-	-
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	

<b>Participación</b>		<b>66,67%</b>	<b>33,33%</b>
----------------------	--	---------------	---------------

DIFERENCIA	
Cosechadoras	2
Tractores	4
Canastas	0

anexos

ANEXO N° 4: Costo de tonelada de caña bruta por sistema de cosecha mecanizada de caña de azúcar.

COSTOS UNITARIOS POR HORA DE TRABAJO					
TIPO COSECHA	T. TRANSBORDO	CICLO (HRS)	TRACTOR AGRÍCOLA (\$/HR)	CANASTA DE AUTOVOLTEO (\$/HR)	T + C.A (\$/HR)
Quemado	Simple	1,19	S/. 128,67	S/. 26,41	S/. 155,08
	Doble	0,78	S/. 130,77	S/. 26,41	S/. 157,18
Verde	Simple	1,47	S/. 128,67	S/. 26,41	S/. 155,08
	Doble	0,95	S/. 130,77	S/. 26,41	S/. 157,18

COSTO POR USO DE TRANSBORDO SA		
TIPO COSECHA	T. TRANSBORDO	COSTO (\$/. )
Quemado	Simple	S/. 184,75
	Doble	S/. 122,55
Verde	Simple	S/. 227,86
	Doble	S/. 150,05

COSTO TCB					
TIPO COSECHA	T. TRANSBORDO	Nº CANASTAS	Nº VIAJES	CARGUÍO (Tn)	SOLES/TCB
Quemado	Simple	1,0	4,0	36,00	S/. 5,13
	Doble	2,0	2,0	36,00	S/. 3,40
Verde	Simple	1,0	4,0	36,00	S/. 6,33
	Doble	2,0	2,0	36,00	S/. 4,17

COSTO PROMEDIO TOTAL DE TCB		
TIPO COSECHA	T. TRANSBORDO	SOLES/TCB
Quemado	Simple	S/. 25,65
	Doble	S/. 17,02
Verde	Simple	S/. 18,99
	Doble	S/. 12,50

Tipo de cosecha	%Variabilidad
Quemado	33,65%
Verde	34,18%

Costos directos - tractor agrícola		
	Simple	Doble
- Mantenimiento	78,40	78,40
- Combustible	10,83	12,93
- Mano de Obra (Operadores)	36,51	36,51
- Depreciación		
- Alquileres		
- Otros Costos	2,93	2,93
	<b>S/. 128,67</b>	<b>S/. 130,77</b>

Galón/Hora	1,65	1,97
Diferencia de consumo	-0,32	galones/hr
Desviación de consumo	19,39%	

\* Datos sistema SAP

ANEXO N° 5: Desarrollo de indicadores y comparativo de costos de CR7.

CR7: Falta de nuevos métodos de cosecha

% Tiempo del ciclo de abastecimiento

Tipo de cosecha	Ciclo actual (min)	Ciclo optimizado (min)	% Variación
Mecanizada quemada	71,48	46,78	34,56%
Mecanizada verde	88,16	57,28	35,03%

% Número de viajes a trasiego

Tipo de cosecha	Viajes actuales	Viajes optimizados	% Variación
Mecanizada quemada	4	2	50,00%
Mecanizada verde	4	2	50,00%

% Tiempo en giros

Tipo de cosecha	Método actual	Tiempo giro act	Método optimizado	Tiempo giro opt	% Variación
Mecanizada quemada	Face to face	1,15	Melga	0,94	18,26%
Mecanizada verde	Face to face	1,25	Melga	0,90	28,00%

Costo perdido del sistema actual

Tipo de cosecha	Tn promedio día	% Tn recuperadas	Tn recuperadas	Pérdida diaria	Perdida mensual	Pérdida anual
Quemada	3000	0,60%	18	S/. 461,70	S/. 13.851,00	S/. 166.212,00
Verde	1000	1,00%	10	S/. 189,90	S/. 5.697,00	S/. 68.364,00
Total						S/. 234.576,00

Costo mejorado del sistema optimizado

Tipo de cosecha	Tn promedio día	% Tn recuperadas	Tn recuperadas	Pérdida diaria	Perdida mensual	Pérdida anual
Quemada	3000	0,60%	18	S/. 306,36	S/. 9.190,80	S/. 110.289,60
Verde	1000	1,00%	10	S/. 125,00	S/. 3.750,00	S/. 45.000,00
Total						S/. 155.289,60

Beneficio	S/. 79.286,40
Variación	33,80%



ANEXO N° 6: Prueba piloto para comparativo de envío de MP (sistema actual vs sistema optimizado)

**Sistema de abastecimiento actual**

Item	Orden	Flota	Configuración	Campo	Cosecha	Variedad de caña	%Mat ext	Carguío (tn)	Nota
1	CG-300450	T-415	Tetra	Pucuche "A"	Mecanizada quemada	MX-57	8,24	139,34	Prueba 1 - simple Q
2	CG-300452	T-415	Tetra	Pucuche "A"	Mecanizada quemada	MX-57	11,2	131,20	Prueba 2 - simple Q
3	CG-300466	T-420	Tetra	Pucuche "A"	Mecanizada quemada	MX-57	5,67	140,22	Prueba 3 - simple Q
4	CG-300467	T-420	Tetra	Pucuche "A"	Mecanizada quemada	MX-57	5,70	130,22	Prueba 4 - simple Q
5	CG-300468	T-420	Tetra	Pucuche "A"	Mecanizada quemada	MX-57	6,12	138,40	Prueba 5 - simple Q
6	CG-300481	T-415	Tetra	Bazarrate "A"	Mecanizada quemada	MX-57	6,00	147,11	Prueba 6 - simple Q
7	CG-300488	T-415	Tetra	Bazarrate "A"	Mecanizada quemada	MX-57	20,1	150,20	Prueba 7 - simple Q
8	CG-300482	T-417	Tetra	Bazarrate "A"	Mecanizada quemada	MX-57	12,2	126,73	Prueba 8 - simple Q
9	CG-300483	T-417	Tetra	Bazarrate "A"	Mecanizada quemada	MX-57	10,05	124,00	Prueba 9 - simple Q
10	CG-300512	T-326	Tetra	Santa Rosa	Mecanizada quemada	HW-69	8,70	129,87	Prueba 10 - simple Q
Item	Orden	Flota	Configuración	Campo	Cosecha	Variedad de caña	%Mat ext	Carguío (tn)	Nota
1	CG-300612	T-413	Tetra	Bazan "1"	Mecanizada verde	HW-69	12,80	128,77	Prueba 1 - simple Q
2	CG-300613	T-413	Tetra	Bazan "1"	Mecanizada verde	HW-69	15,40	121,00	Prueba 2 - simple Q
3	CG-300605	T-417	Tetra	Bazan "1"	Mecanizada verde	HW-69	12,10	120,50	Prueba 3 - simple Q
4	CG-300608	T-417	Tetra	Bazan "1"	Mecanizada verde	HW-69	13,00	128,90	Prueba 4 - simple Q
5	CG-3004611	T-413	Tetra	Bazan "1"	Mecanizada verde	HW-69	18,10	125,50	Prueba 5 - simple Q
6	CG-300624	T-416	Tetra	Bazan "1"	Mecanizada verde	HW-69	20,01	130,20	Prueba 6 - simple Q
7	CG-300625	T-415	Tetra	Bazan "1"	Mecanizada verde	HW-69	15,20	130,02	Prueba 7 - simple Q
8	CG-300701	T-417	Tetra	Bazan "1"	Mecanizada verde	HW-69	9,89	121,90	Prueba 8 - simple Q
9	CG-300702	T-417	Tetra	Bazan "1"	Mecanizada verde	HW-69	9,90	117,80	Prueba 9 - simple Q
10	CG-300704	T-417	Tetra	Bazan "1"	Mecanizada verde	HW-69	11,20	116,95	Prueba 10 - simple Q

Fuente: Balanza MP - Casa Grande

**Sistema de abastecimiento optimizado**

Item	Orden	Flota	Configuración	Campo	Cosecha	Variedad de caña	%Mat ext	Carguío (tn)	Nota
1	CG-301125	T-414	Tetra	Palmillo "1A"	Mecanizada quemada	MX-57	8,24	149,34	Prueba 1 - doble Q
2	CG-301126	T-414	Tetra	Palmillo "1A"	Mecanizada quemada	MX-57	10,2	151,20	Prueba 2 - doble Q
3	CG-301127	T-414	Tetra	Palmillo "1A"	Mecanizada quemada	MX-57	5,67	140,22	Prueba 3 - doble Q
4	CG-301128	T-414	Tetra	Palmillo "1A"	Mecanizada quemada	MX-57	6,70	150,22	Prueba 4 - doble Q
5	CG-301132	T-420	Tetra	Palmillo "1A"	Mecanizada quemada	MX-57	5,99	149,40	Prueba 5 - doble Q
6	CG-301135	T-420	Tetra	Palmillo "1A"	Mecanizada quemada	MX-57	9,65	150,08	Prueba 6 - doble Q
7	CG-301136	T-420	Tetra	Palmillo "1A"	Mecanizada quemada	MX-57	9,01	141,20	Prueba 7 - doble Q
8	CG-301137	T-420	Tetra	Santa Rosa	Mecanizada quemada	MX-57	6,12	139,42	Prueba 8 - doble Q
9	CG-301145	T-417	Tetra	Santa Rosa	Mecanizada quemada	MX-57	10,02	145,60	Prueba 9 - doble Q
10	CG-301146	T-417	Tetra	Santa Rosa	Mecanizada quemada	MX-57	9,20	150,87	Prueba 10 - doble Q
Item	Orden	Flota	Configuración	Campo	Cosecha	Variedad de caña	%Mat ext	Carguío (tn)	Nota
1	CG-301212	T-423	Tetra	Mayal "2A"	Mecanizada verde	MX-57	13,12	137,80	Prueba 1 - doble Q
2	CG-301213	T-423	Tetra	Mayal "2A"	Mecanizada verde	MX-57	12,40	140,90	Prueba 2 - doble Q
3	CG-301214	T-423	Tetra	Mayal "2A"	Mecanizada verde	MX-57	15,22	130,50	Prueba 3 - doble Q
4	CG-301216	T-423	Tetra	Mayal "2A"	Mecanizada verde	MX-57	18,18	138,90	Prueba 4 - doble Q
5	CG-301221	T-423	Tetra	Mayal "2A"	Mecanizada verde	MX-57	18,10	125,25	Prueba 5 - doble Q
6	CG-301223	T-423	Tetra	Mayal "2A"	Mecanizada verde	MX-57	19,20	133,12	Prueba 6 - doble Q
7	CG-301224	T-423	Tetra	Mayal "2A"	Mecanizada verde	MX-57	20,21	125,60	Prueba 7 - doble Q
8	CG-301225	T-415	Tetra	Mayal "2A"	Mecanizada verde	MX-57	13,15	127,80	Prueba 8 - doble Q
9	CG-301228	T-415	Tetra	Mayal "2A"	Mecanizada verde	MX-57	14,04	133,11	Prueba 9 - doble Q
10	CG-301230	T-415	Tetra	Mayal "2A"	Mecanizada verde	MX-57	10,99	128,09	Prueba 10 - doble Q

Fuente: Balanza MP - Casa Grande



ANEXO N° 7: Productividades promedio y horas motor de cosechadoras de caña al final del año 2017 por tipo de cosecha.

**PRODUCTIVIDADES COSECHADORA DE CAÑA - 2017**

**Quemado**

Mes	Tn promedio x día	Horas motor promedio x día	Productividad (tn/hr)
Enero	610	11,80	51,69
Febrero	605	11,78	51,36
Marzo	600	11,80	50,85
Abril	610	12,00	50,83
Mayo	620	12,00	51,67
Junio	617	12,50	49,36
Julio	612	13,00	47,08
Agosto	610	11,70	52,14
Septiembre	618	11,80	52,37
Octubre	630	11,82	53,30
Noviembre	620	11,85	52,32
Diciembre	620	11,80	52,54
<b>Promedio</b>	<b>614,33</b>	<b>11,99</b>	<b>51,29</b>

<b>Meta (tn/hr)</b>
65

**Verde**

Mes	Tn promedio x día	Horas motor promedio x día	Productividad (tn/hr)
Enero	310	9,90	31,31
Febrero	303	10,8	28,06
Marzo	300	9,90	30,30
Abril	300	10,00	30,00
Mayo	300	9,50	31,58
Junio	300	10,50	28,57
Julio	310	10,50	29,52
Agosto	315	9,80	32,14
Septiembre	312	9,90	31,52
Octubre	298	10,80	27,59
Noviembre	290	9,80	29,59
Diciembre	300	9,90	30,30
<b>Promedio</b>	<b>303,17</b>	<b>10,11</b>	<b>30,04</b>

<b>Meta (tn/hr)</b>
50

## ANEXO N° 8: Desarrollo de indicadores y comparativo de costos de CR6

CR6: Falta de fluidez en la cosecha mecanizada

Productividad de cosechadora de caña

Comparativo de carguío por sistema de cosecha

Capacidad aprox. Canasta

35 a 40 Tn

Tipo de Cosecha	Sistema	Tn promedio	Tn promedio por canasta
Mecanizada quemada	Actual	135,73	33,93
Mecanizada quemada	Optimizado	146,76	36,69

Tipo de Cosecha	Sistema	Tn promedio	Tn promedio por canasta
Mecanizada verde	Actual	124,15	31,04
Mecanizada verde	Optimizado	132,11	33,03

Tipo de Cosecha	Diferencia	%Variación
Mecanizada quemada	2,76	8,12%
Mecanizada verde	1,99	6,41%
		7,26%

Costo perdido del sistema actual

Tipo de cosecha	Product. Meta	Product. Promedio	Diferencia (tn/hr)	Hrs promedio anual	Necesidad de maquinaria	1 tn = 2 sacos	Rentabilidad / saco	Pérdida anual
Quemada	65,00	51,29	13,71	S/. 11,99	6,00	S/. 1.972,59	20	S/. 39.451,90
Verde	50,00	30,04	19,96	S/. 10,11	3,00	S/. 1.210,77	20	S/. 24.215,47
							Total	S/. 63.667,37

Costo mejorado del sistema optimizado

Tipo de cosecha	Product. Meta	Product. Promedio	Diferencia (tn/hr)	Hrs promedio anual	Necesidad de maquinaria	1 tn = 2 sacos	Rentabilidad / saco	Pérdida anual
Quemada	65,00	55,46	9,54	S/. 11,99	6,00	S/. 1.373,11	20	S/. 27.462,19
Verde	50,00	31,10	18,90	S/. 10,11	3,00	S/. 1.146,23	20	S/. 22.924,56
							Total	S/. 50.386,75

Beneficio	S/. 13.280,62
Variación	20,86%

ANEXO N° 9: Incremento en el cumplimiento de cosecha del sistema optimizado de cosecha de caña de azúcar.

PROGRAMA DE COSECHA MECANIZADA - 2017												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
95.000	91.200	34.200	76.000			106.400	106.400	106.400	106.400	106.400	106.400	934.800

COSECHADO 2017												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
83.066	61.073	6.137	47.974			74.486	102.261	89.820	87.582	100.020	96.564	748.983

DIMENSIONAMIENTO DE LA FLOTA - QUEMADO	
Cosechadoras	Tractores agrícolas
6	9

DIMENSIONAMIENTO DE LA FLOTA - VERDE	
Cosechadoras	Tractores agrícolas
3	5

DIFERENCIA	
Cosechadoras	2
Tractores	4
Canastas	0

DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA EN CAMPO				
Estado	Cosechadora	Tractores	Transbordo	
			Doble	Simple
Operativa	1	2	4	-
Operativa	1	2	4	-
Operativa	1	2	4	-
Operativa	1	1	2	-
Operativa	1	2	-	2
Retén	1	-	-	-
Total	6	9	16	
Participación			87,50%	12,50%

DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA EN CAMPO				
Estado	Cosechadora	Tractores	Transbordo	
			Doble	Simple
Operativa	1	2	4	-
Operativa	1	2	-	2
Retén	1	1	-	-
Total	3	5	6	
Participación			66,67%	33,33%

ABASTECIMIENTO SISTEMA ACTUAL DE COSECHA				A. SISTEMA OPTIMIZADO DE COSECHA	
Mes	Cosechado (Tn)	Pérdida (Tn)	Pérdida (\$/.)	Incremento (Tn)	Cosechado (Tn)
Enero	83.066	1.628	\$/. 65.123,37	6.034,42	89.100
Febrero	61.073	1.197	\$/. 47.881,26	4.436,74	65.510
Marzo	6.137	120	\$/. 4.811,64	445,85	6.583
Abril	47.974	940	\$/. 37.611,72	3.485,15	51.459
Mayo					
Junio					
Julio	74.486	1.460	\$/. 58.397,10	5.411,15	79.897
Agosto	102.261	2.004	\$/. 80.172,62	7.428,90	109.690
Septiembre	89.820	1.760	\$/. 70.419,06	6.525,12	96.345
Octubre	87.582	1.717	\$/. 68.663,94	6.362,49	93.944
Noviembre	100.020	1.960	\$/. 78.415,59	7.266,09	107.286
Diciembre	96.564	1.893	\$/. 75.706,08	7.015,03	103.579
Total	748.983	1.468	\$/. 587.202,38	5.441,09	803.394

## ANEXO N° 10: Desarrollo de indicadores y comparativo de costos CR1.

CR1: Existe incumplimiento en la cosecha mecanizada

% Cuota de cosecha mecanizada

Tipo de sistema de cosecha	Tn cosechadas
Sistema actual	748.983
Sistema optimizado	803.394
Diferencia	54.411

Tipo de sistema de cosecha	Programado	Cumplimiento
Sistema actual	934.800	80,12%
Sistema optimizado	934.800	85,94%
Incremento		6,77%

Comparativo de costos por sistema

Tipo de sistema	Pérdida
Actual	S/. 587.202,38
Optimizado	S/. 547.433,29

Beneficio	S/. 39.769,10
Variación	6,77%

ANEXO N° 10: Cantidad programada y cosechada de caña por participación al final del año 2017.

Mes	Programado (Tn)	Cosechado (Tn)	Quemado (Tn)	Verde (Tn)
Enero	95.000	83.066	59.807	23.258
Febrero	91.200	61.073	43.973	17.100
Marzo	34.200	6.137	4.419	1.718
Abril	76.000	47.974	47.974	-
Mayo	-	-	-	-
Junio	-	-	-	-
Julio	106.400	74.486	53.630	20.856
Agosto	106.400	102.261	73.628	28.633
Septiembre	106.400	89.820	64.671	25.150
Octubre	106.400	87.582	63.059	24.523
Noviembre	106.400	100.020	72.014	28.006
Diciembre	106.400	96.564	96.564	-

ANEXO N°9 : Promedio de pérdidas de cosecha año 2017

**PROMEDIO PÉRDIDAS DE COSECHA MECANIZADA (%) - QUEMADO Y VERDE - 2017**

<b>META 2017</b>	<b>1,77%</b>	<b>2,00%</b>
<b>PROMEDIO DEL AÑO</b>	<b>1,60%</b>	<b>2,32%</b>

MES	% P. QUEMADO	% P. VERDE
ENERO	2,13%	3,67%
FEBRERO	1,92%	2,76%
MARZO	1,45%	2,55%
ABRIL	1,68%	
MAYO		
JUNIO		
JULIO	2,32%	1,89%
AGOSTO	1,40%	3,13%
SEPTIEMBRE	1,05%	1,09%
OCTUBRE	0,87%	1,47%
NOVIEMBRE	1,68%	1,99%
DICIEMBRE	1,54%	

## ANEXO N° 6: Pronostico estacional de cosecha – horizonte de evaluación

**Cuadro resumen de pronóstico - período 2020 - 2024 ( no incluye paradas de fábrica)**

Mes	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Enero	85.000	85.000	106.400	95.000	123.500	121.330	124.903	128.471	132.039	135.607	139.175
Febrero	85.000	85.000		91.200		86.500	51.361	52.825	54.289	55.752	57.216
Marzo				34.200	57.000	86.500	49.692	51.104	52.517	53.930	55.343
Abril	101.000	91.200	70.000	76.000	114.000	85.000	96.742	99.486	102.230	104.974	107.718
Mayo	101.000	88.500	76.000		117.800	85.000	77.008	79.187	81.366	83.545	85.724
Junio	95.000	97.800	76.000		106.400	106.400	81.049	83.337	85.626	87.914	90.202
Julio	95.000	91.000	95.000	106.400	68.400	80.000	101.008	103.853	106.698	109.543	112.387
Agosto	93.400	98.000	96.000	106.400	110.500	79.200	112.790	115.960	119.129	122.298	125.467
Septiembre	97.500	97.500	95.600	106.400	30.000		67.700	69.598	71.495	73.393	75.291
Octubre	106.400	101.200	102.200	106.400	106.400	106.400	121.657	125.060	128.462	131.865	135.267
Noviembre	106.400	101.200	106.400	106.400	106.400	114.300	124.997	128.485	131.972	135.460	138.948
Diciembre	100.110	100.330	106.400	106.400	106.400	114.300	92.591	95.168	97.746	100.323	102.901
Total	1.065.810	1.036.730	930.000	934.800	1.046.800	1.064.930	1.101.498	1.132.533	1.163.569	1.194.605	1.225.641

**Leyenda**

	Paradas programadas por fábrica
	Programado
	Pronosticado

**Cuadro resumen de pronóstico - período 2020 - 2024 (incluye paradas de fábrica)**

Mes	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Enero	85.000	85.000	106.400	95.000	123.500	121.330	124.903	128.471	132.039	135.607	139.175
Febrero	85.000	85.000		91.200		86.500	51.361	52.825		55.752	57.216
Marzo				34.200	57.000	86.500	49.692	51.104		53.930	55.343
Abril	101.000	91.200	70.000	76.000	114.000	85.000	96.742	99.486	102.230	104.974	107.718
Mayo	101.000	88.500	76.000		117.800	85.000	77.008	79.187	81.366	83.545	85.724
Junio	95.000	97.800	76.000		106.400	106.400	81.049	83.337	85.626		90.202
Julio	95.000	91.000	95.000	106.400	68.400	80.000		103.853	106.698		112.387
Agosto	93.400	98.000	96.000	106.400	110.500	79.200	112.790	115.960	119.129	122.298	125.467
Septiembre	97.500	97.500	95.600	106.400	30.000		67.700	69.598	71.495	73.393	
Octubre	106.400	101.200	102.200	106.400	106.400	106.400	121.657		128.462	131.865	135.267
Noviembre	106.400	101.200	106.400	106.400	106.400	114.300	124.997	128.485	131.972	135.460	138.948
Diciembre	100.110	100.330	106.400	106.400	106.400	114.300	92.591	95.168	97.746	100.323	102.901
Total	1.065.810	1.036.730	930.000	934.800	1.046.800	1.064.930	1.000.490	1.007.473	1.056.763	997.149	1.150.349

ANEXO N° 6: Depreciación de la flota del sistema de cosecha.

Equipo de cosecha	Valor de adquisición	Valor residual (1%)	Vida útil	Depreciación anual	Ree inversión
Cosechadora CH570	S/. 1.435.200,00	S/. 14.352,00	5,00	S/. 284.169,60	S/. 1.420.848,00
Tractor MF7140	S/. 249.600,00	S/. 2.496,00	5,00	S/. 49.420,80	S/. 247.104,00
Canasta de autovolteo	S/. 118.560,00	S/. 1.185,60	10,00	S/. 11.737,44	S/. 117.374,40

Depreciación total	S/. 345.327,84
Depreciación 05 años	S/. 1.667.952,00
Depreciación 10 años	S/. 117.374,40



ANEXO N°11: Datos generales para cálculo de recorridos del sistema actual de cosecha mecanizada

Datos Generales	UM (m)
Longitud del surco	110
Longitud de calles	8
Trocha (has)	0,75 - 0,80

ANEXO N°12: Datos generales para cálculo de recorridos del sistema mejorado de cosecha mecanizada

Datos	UM (m)
Longitud del surco	110
Ancho del surco	1,5
Longitud de calles	8
Trocha (has)	1
Surcos en 1 ha	55

ANEXO N°14: Formato de encuesta para priorización de causas raíces

<b>ENCUESTA DE PRIORIDAD</b>		
<p>ÁREA DE APLICACIÓN: DIVISIÓN COSECHA</p> <p>TIPO DE COSECHA: CORTE MECANIZADO DE CAÑA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>Nombre del operador:</span> <span>Supervisor(es):</span> </div> <p>Operador de:</p> <p>Nº de promedio operadores por turno: 20</p> <p>A continuación, se presenta la siguiente encuesta las causas raíces que generan la baja productividad de las cosechadoras de caña azúcar durante el abastecimiento de esta.</p> <p>Califique en la escala de 01 a 05, siendo 01 el menos relevante y 05 el más relevante.</p>		
Causa	Descripción de la causa	Prioridad
CR1	Existe incumplimiento en la cosecha mecanizada	-
CR2	Ausencia de personal mecánico en campo	-
CR3	Ausencia de materiales en campo	-
CR4	Falta de madurez de la caña de azúcar	-
CR5	Ausencia de MP en cuarteles de caña	-
CR6	Falta fluidez en la cosecha mecanizada	-
CR7	Falta nuevos métodos de cosecha	-

ANEXO N°15: Resultados de encuesta

Calificación por causa raíz		
CR	Descripción de la causa	Puntaje
CR1	Existe incumplimiento en la cosecha	65
CR2	Ausencia de personal mecánico en campo	25
CR3	Ausencia de materiales en campo	51
CR4	Falta de madurez de la caña de azúcar	18
CR5	Ausencia de MP en cuarteles de caña	21
CR6	Falta fluidez en la cosecha mecanizada	71
CR7	Falta nuevos métodos de cosecha	75